



TUGAS AKHIR - TI 184833

**PERBAIKAN KUALITAS PROSES *THERMOFORMING*  
*ROUND DRINKING CUPS* MENGGUNAKAN FMEA**

NUR ANNISA KUSUMA DEWI

NRP 024 1154 0000006

Dosen Pembimbing

Prof. Ir. Moses L. Singgih, M.Sc., M.Reg.Sc., Ph.D., IPU

NIP. 19590817 198703 1 002

DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2019



FINAL PROJECT - TI 184833

**IMPROVING THE QUALITY OF ROUND DRINKING CUPS  
THERMOFORMING PROCESS USING FMEA**

NUR ANNISA KUSUMA DEWI

NRP 024 1154 0000006

Supervisor

Prof. Ir. Moses L. Singgih, M.Sc., M.Reg.Sc., Ph.D., IPU

NIP. 19590817 198703 1 002

DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING

Faculty of Industrial Technology

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2019

# LEMBAR PENGESAHAN

## PERBAIKAN KUALITAS PROSES *THERMOFORMING ROUND* *DRINKING CUPS* MENGGUNAKAN FMEA

### TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Program Studi S-1 Departemen Teknik Industri

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**NUR ANNISA KUSUMA DEWI**

**NRP. 02411540000006**

Mengetahui dan Menyetujui,

Dosen Pembimbing



**Prof. Ir. Moses L. Singgih, M.Sc., M.Reg.Sc., Ph.D., IPU**

**NIP. 19590817198703 1 002**



Surabaya, Januari 2019

Halaman ini sengaja dikosongkan

## **PERBAIKAN KUALITAS PROSES *THERMOFORMING* *ROUND DRINKING CUPS* MENGGUNAKAN FMEA**

Nama : Nur Annisa Kusuma Dewi  
NRP : 02411540000006  
Pembimbing : Prof. Ir. Moses L. Singgih, M.Sc., M.Reg.Sc., Ph.D, IPU

### **ABSTRAK**

PT PPA merupakan perusahaan yang memproduksi plastik kemasan *thermoformed*. Salah satu produk yang dihasilkan dan menjadi objek pada penelitian ini yaitu *round drinking cups*. Pada proses produksi *round drinking cups* terdapat banyak produk *defect* yang dihasilkan. Proses yang menghasilkan *defect* paling banyak yaitu proses *thermoforming*. *Defect* yang sering terjadi pada proses *thermoforming* yaitu *defect* diameter tidak standar dan meleyot. Adanya *defect* akan menimbulkan kerugian bagi perusahaan karena produk *defect* memerlukan *rework* dan sebagian harus dibuang. Penelitian ini dilakukan untuk mengurangi *defect* diameter tidak standar dan meleyot. Pendekatan yang digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan *failure mode and effect analysis* (FMEA). Dari data *defect* yang telah dikumpulkan, kemudian dilakukan penentuan *defect* yang menjadi prioritas perbaikan menggunakan *pareto chart*, selanjutnya dilakukan identifikasi penyebab-penyebab *defect* menggunakan *cause and effect diagram* dan dilakukan analisis lebih lanjut menggunakan *5 whys* untuk mengidentifikasi akar penyebab *defect*. Hasil analisis akar penyebab *defect* menunjukkan terdapat 6 akar penyebab *defect* diameter tidak standar dan 23 akar penyebab *defect* meleyot. Kemudian dari akar penyebab yang telah diidentifikasi dilakukan penilaian risiko menggunakan FMEA dengan mempertimbangkan efisiensi dan *downtime* yang terjadi pada mesin *thermoforming*. Rekomendasi perbaikan diberikan berdasarkan analisis FMEA dengan nilai RPN tertinggi. Pada penelitian ini didapatkan hasil RPN tertinggi pada *defect* diameter tidak standar dan meleyot disebabkan permasalahan pada *valve forming*. Rekomendasi yang diberikan untuk mengurangi permasalahan tersebut yaitu melakukan pengecekan *valve forming*, melakukan pengecekan komponen dan pencatatan kondisi mesin secara periodik, serta meningkatkan kinerja karyawan melalui pelatihan maupun pemberian motivasi.

**Kata kunci:** *5 Whys, Drinking Cups, FMEA, Thermoforming*

Halaman ini sengaja dikosongkan

# **IMPROVING THE QUALITY OF ROUND DRINKING CUPS THERMOFORMING PROCESS USING FMEA**

Name : Nur Annisa Kusuma Dewi  
Student ID : 02411540000006  
Supervisor : Prof. Ir. Moses L. Singgih, M.Sc., M.Reg.Sc., Ph.D, IPU

## **ABSTRACT**

PT PPA is a company that manufactures thermoformed plastic packaging. The object of this research is round drinking cups, one of the most produced products. In the production process of round drinking cups, there were many defect products produced. The process that produced the most defective products was thermoforming. The problems of quality that often occurred were nonstandard diameter and dented cup defects. The defects would cause losses for the company because some of defect products required reworking and some must be discarded. This research was conducted to reduce nonstandard diameter and dented cup defects. The approach used in this research was failure mode and effect analysis (FMEA). From defects data that had been collected, priority defects were determined using pareto chart, then the potential causes of defects were identified using cause and effect diagram and further analysis was done using 5 whys to identify the root causes of the defects. The results of the root causes analysis of defects showed that there were 6 root causes of nonstandard diameter defects and 23 root causes of dented cup defects. Risk assessment was done using FMEA from the root causes that had been identified by considering the efficiency and downtime that occurred on thermoforming machine. Improvement recommendations were given based on FMEA analysis with the highest RPN score. In this research the highest RPN of nonstandard diameter and dented cup *defects* were caused by problems in the valve forming. Recommendations that were given to reduce these problems are checking valve forming, checking machine components, documenting machine conditions periodically, and improving employee performance through training and motivation.

***Keywords: 5 Whys, Drinking Cups, FMEA, Thermoforming***

Halaman ini sengaja dikosongkan



## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, Tugas Akhir yang berjudul “Perbaikan Kualitas Proses *Thermoforming Round Drinking Cups* menggunakan FMEA” ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu.

Laporan Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi syarat untuk menyelesaikan studi Strata-1 Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, penulis mendapat dukungan berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Untuk itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Kuwat dan Ibu Rustini, serta Rizki Nanda Fitriani selaku orang tua dan kakak penulis yang senantiasa memberikan doa dan motivasi untuk menyelesaikan studi dan laporan Tugas Akhir dengan baik.
2. Bapak Prof. Ir. Moses L. Singgih, M.Sc., M.Reg.Sc., Ph.D., IPU, selaku dosen pembimbing penyusunan Tugas Akhir atas bimbingan dan motivasi yang telah diberikan kepada penulis selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Intan, Bapak Henri, Bapak Rizky, dan Bapak Faizal serta Bapak/Ibu dari pihak perusahaan yang telah memberikan kesempatan dan bimbingan pengerjaan penelitian Tugas Akhir ini.
4. Bapak Ir. Hari Supriyanto MSIE dan Ibu Nani Kurniati S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen penguji seminar proposal Tugas Akhir serta Ibu Putu Dana Karningsih, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D. dan Ibu Dewanti Anggrahini, S.T., M.T., selaku dosen penguji sidang Tugas Akhir.
5. Teman-teman “ICARUS” Teknik Industri 2015 yang memberikan bantuan dan mendukung penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, khususnya Arindra, Tiara, dan Meilia.

6. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu atas dukungan dan motivasi yang diberikan sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

Penulis menyadari bahwa penulisan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan adanya kritik dan saran positif yang membangun. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pihak-pihak yang membutuhkan.

Surabaya, Januari 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
ABSTRAK .....	iii
<i>ABSTRACT</i> .....	v
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	5
1.3 Tujuan Penelitian .....	5
1.4 Manfaat Penelitian .....	5
1.5 Ruang Lingkup Penelitian .....	6
1.5.1 Batasan .....	6
1.6 Sistematika Penulisan Laporan .....	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	9
2.1 Pengendalian Kualitas .....	9
2.1.1 Definisi Kualitas .....	9
2.1.2 Pengendalian Kualitas .....	10
2.2 <i>Root Cause Analysis</i> .....	11
2.3 <i>Pareto Chart</i> .....	13
2.4 <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA) .....	14
2.5 Plastik .....	18
2.6 <i>Polyethylene Terephthalate</i> (PET) .....	21
2.7 <i>Thermoforming</i> .....	23
2.7.1 <i>Persiapan Sheet</i> .....	26
2.7.2 <i>Heating</i> .....	27
2.7.3 <i>Forming</i> .....	27
2.7.4 <i>Trimming</i> .....	31

2.8	Penelitian Terdahulu .....	32
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....		35
3.1	Tahap Identifikasi Awal.....	36
3.1.1	Pengumpulan Data <i>Defect</i> dan Produksi Plastik Kemasan <i>Thermoformed</i> .....	36
3.1.2	Identifikasi Permasalahan.....	36
3.2	Tahap Pengolahan Data .....	37
3.3	Tahap Analisis dan Perbaikan.....	37
3.4	Tahap Kesimpulan dan Saran .....	39
BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....		41
4.1	Gambaran Umum Perusahaan .....	41
4.2	Proses Produksi.....	42
4.3	<i>Defect</i> pada Proses <i>Thermoforming Round Drinking Cups</i> .....	45
4.3.1	Pengumpulan Data <i>Defect</i> .....	46
4.3.2	Penentuan <i>Defect</i> yang Akan Diteliti dengan <i>Pareto Chart</i> .....	48
BAB 5 ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....		51
5.1	Penentuan Penyebab-penyebab <i>Defect</i> .....	51
5.2	Analisis Akar Penyebab <i>Defect</i> .....	54
5.3	Efisiensi Mesin <i>Thermoforming</i> .....	61
5.3.1	Pengumpulan dan Pengolahan Data Efisiensi Mesin <i>Thermoforming</i> 61	
5.3.2	Pengumpulan dan Pengolahan Data <i>Downtime</i> .....	68
5.4	Analisis <i>Risk Priority Number</i> FMEA.....	78
5.5	Diskusi .....	83
5.6	Rekomendasi Perbaikan.....	84
5.6.1	Estimasi Setelah Penerapan Perbaikan .....	89
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN .....		107
6.1	Kesimpulan .....	107
6.2	Saran .....	107
DAFTAR PUSTAKA.....		109

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Varian Produk Kemasan Plastik <i>Thermoformed</i> .....	2
Gambar 1. 2 Jumlah Produksi Tiap Varian Plastik Kemasan <i>Thermoformed</i> .....	3
Gambar 2. 1 <i>Cause and Effect Diagram</i> .....	12
Gambar 2. 2 <i>Pareto Chart</i> .....	14
Gambar 2. 3 Langkah Dasar Proses <i>Thermoforming</i> .....	23
Gambar 2. 4 Mesin <i>Thermoforming</i> .....	23
Gambar 2. 5 Perpindahan Panas pada <i>Thermoforming</i> .....	27
Gambar 2. 6 Proses <i>Drape Forming</i> .....	29
Gambar 2. 7 Proses <i>Vacuum Forming</i> .....	29
Gambar 2. 8 Proses <i>Pressure Forming</i> .....	30
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Metologi Penelitian .....	35
Gambar 4. 1 <i>Round Drinking Cups</i> .....	41
Gambar 4. 2 <i>Cups Lids</i> .....	41
Gambar 4. 3 <i>Snack Cups</i> .....	42
Gambar 4. 4 <i>Seal Cups</i> .....	42
Gambar 4. 5 <i>Trays and Lids</i> .....	42
Gambar 4. 6 <i>Sundae Cup</i> .....	42
Gambar 4. 7 <i>Flowchart</i> Proses Produksi Plastik Kemasan <i>Thermoformed</i> .....	43
Gambar 4. 8 <i>Pareto Chart</i> Jenis <i>Defect</i> .....	49
Gambar 5. 1 <i>Cause and Effect Diagram Defect</i> Diameter tidak standar .....	53
Gambar 5. 2 <i>Cause and Effect Diagram Defect</i> Meleyot .....	53
Gambar 5. 3 Grafik Efisiensi Mesin <i>Thermoforming</i> Juli 2018 .....	63
Gambar 5. 4 Grafik Efisiensi Mesin <i>Thermoforming</i> Agustus 2018 .....	65
Gambar 5. 5 Grafik Efisiensi Mesin <i>Thermoforming</i> September 2018 .....	66
Gambar 5. 6 Grafik Efisiensi Mesin <i>Thermforming</i> Juli-September 2018 .....	68
Gambar 5. 7 Grafik <i>Unplanned Downtime</i> Juli-September 2018 .....	76
Gambar 5. 8 Rekap <i>Planned Downtime</i> Juli-September 2018.....	77

Halaman ini sengaja dikosongkan

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Persentase <i>Defect</i> pada Proses Produksi <i>Round Drinking Cups</i> Periode Juli-September 2018.....	3
Tabel 2. 1 FMEA <i>Rating Severity</i> .....	15
Tabel 2. 2 FMEA <i>Rating Occurence</i> .....	16
Tabel 2. 3 FMEA <i>Rating Detection</i> .....	17
Tabel 2. 4 Suhu Transisi Jenis Polimer.....	20
Tabel 2. 5 Penelitian Terdahulu .....	32
Tabel 4. 1 Data <i>Defect</i> Proses <i>Thermoforming Round Drinking Cups</i> .....	46
Tabel 4. 2 Rekap Perhitungan Jumlah Tiap Jenis <i>Defect</i> .....	48
Tabel 4. 3 Perhitungan <i>Pareto Chart</i> Jenis <i>Defect</i> .....	48
Tabel 5. 1 Akar Penyebab <i>Defect</i> Proses <i>Thermoforming</i> menggunakan <i>5 whys</i> . 56	
Tabel 5. 2 Data Efisiensi Mesin <i>Thermoforming</i> Juli 2018 .....	62
Tabel 5. 3 Data Efisiensi Mesin <i>Thermoforming</i> Agustus 2018.....	63
Tabel 5. 4 Efisiensi Mesin <i>Thermforming</i> September 2018 .....	65
Tabel 5. 5 Rekap Efisiensi Mesin <i>Thermoforming</i> bulan Juli-September 2018 ...	66
Tabel 5. 6 Data <i>Unplanned Downtime</i> Juli 2018 .....	70
Tabel 5. 7 Data <i>Unplanned Downtime</i> Agustus 2018.....	72
Tabel 5. 8 Data <i>Unplanned Downtime</i> September 2018.....	74
Tabel 5. 9 Rekap <i>Unplanned Downtime</i> Bulan Juli-September 2018 .....	75
Tabel 5. 10 Data <i>Planned Downtime</i> Agustus 2018 .....	76
Tabel 5. 11 Data <i>Planned Downtime</i> September 2018 .....	76
Tabel 5. 12 Rekap <i>Planned Downtime</i> Juli-September .....	77
Tabel 5. 13 <i>Failure Mode and Effect Analysis Defect</i> pada Proses <i>Thermoforming</i> .....	79
Tabel 5. 14 Perkiraan Penurunan <i>Defect</i> Diameter Tidak Standar tiap Kombinasi Usulan Perbaikan .....	93
Tabel 5. 15 Perkiraan Penurunan <i>Defect</i> Meleyot tiap Kombinasi Usulan Perbaikan.....	102

Halaman ini sengaja dikosongkan



# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup, serta sistematika penulisan penelitian.

### **1.1 Latar Belakang**

Persaingan di pasar global menuntut semua organisasi dan perusahaan untuk semakin inovatif dalam memenuhi keinginan *customer* (Mandahawi and Obeidat, 2012). Dengan semakin ketatnya persaingan, maka semakin ketat pula spesifikasi produk yang diinginkan *customer*. Kualitas merupakan salah satu faktor penting dalam memilih produk bagi *customer*, maka setiap perusahaan bersaing untuk menjaga eksistensinya dengan menghasilkan produk berkualitas sesuai spesifikasi yang diinginkan *customer*. Apabila kualitas produk yang dihasilkan suatu perusahaan tidak sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan *customer*, maka kepuasan *customer* akan menurun. Salah satu penyebab kualitas produk yang dihasilkan tidak sesuai keinginan *customer* atau terjadinya produk di luar spesifikasi yang telah ditentukan adalah karena pengendalian kualitas yang belum baik (Dhillon, 2005). Hal tersebut menunjukkan bahwa pengendalian kualitas diperlukan untuk menjaga agar kualitas produk yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan *customer*.

Pengendalian kualitas merupakan serangkaian aktivitas yang dilakukan untuk memastikan bahwa produk maupun pelayanan sesuai dengan persyaratan atau keinginan *customer* (Montgomery, 2009). Pengendalian kualitas dilakukan agar perusahaan menghasilkan produk sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan dan dapat memenuhi kepuasan *customer*.

Perusahaan Plastik Amatan (PPA) merupakan perusahaan yang bergerak dalam industri plastik kemasan *thermoformed* yang dirancang khusus untuk produk makanan maupun minuman dingin. Beberapa produk yang diproduksi PT PPA antara lain *drinking cups, cups lids, snack cups, seal cups, trays & lids*, dan *sundae*

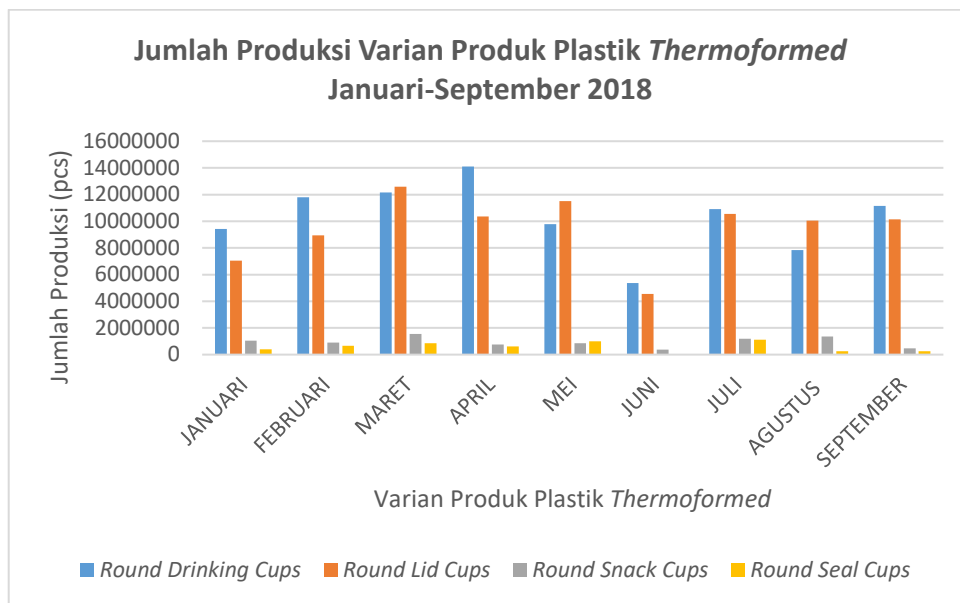
*cup*. Proses untuk memproduksi plastik kemasan *thermoformed* terdiri dari *mixing*, *extrusion*, *thermoforming*, *printing*, dan *packaging*. Berikut ini merupakan gambaran produk plastik kemasan *thermoformed* yang dihasilkan PT PPA:



Gambar 1. 1 Varian Produk Kemasan Plastik *Thermoformed* (PT PPA, 2018)

Bahan baku berupa resin dan *regrind* dimasukkan ke dalam mesin *mixer* untuk mencampurkan resin dan *regrind* secara merata (proses *mixing*). Selanjutnya yaitu proses *extrusion* untuk memproduksi *sheet* plastik dengan ketebalan dan dimensi tertentu. Proses *extrusion* terdiri dari pendidihan, *rolling*, *cutting*, pelapisan silikon, dan *rewinding*. Campuran resin dan *regrind* masuk melalui *hopper* ke mesin *extrusion*, dilakukan pemanasan dan keluar dalam bentuk *sheet*, *sheet* melalui proses *rolling* hingga didapatkan *sheet* dengan ketebalan tertentu, lalu dipotong bagian pinggirnya sesuai spesifikasi yang diinginkan. *Sheet* tersebut kemudian dilapisi silikon agar tidak lengket kemudian digulung (*rewinding*). Setelah itu dilanjutkan proses *thermoforming* yang terdiri dari beberapa proses yaitu *heating*, *forming*, dan *trimming*. Proses *thermoforming* menghasilkan *output* berupa produk jadi. Sebagian produk akan diproses lebih lanjut pada mesin *printing* dan sebagian lagi langsung di proses *packaging*. Produk yang diprint hanya produk *round drinking cups*, *seal cups*, dan *snack cups* yang dipesan *customer* dengan label atau ornamen tertentu sesuai dengan permintaan *customer*. Setelah proses *printing* selanjutnya produk akan memasuki proses *packaging* yaitu plastik kemasan *thermoformed* dikemas dalam karton *box*.

Berikut ini akan ditampilkan data jumlah produksi plastik kemasan *thermoformed* PT PPA pada bulan Januari 2018-September 2018 pada Gambar 1.2.



Gambar 1. 2 Jumlah Produksi Tiap Varian Plastik Kemasan *Thermoformed* PT PPA Bulan Januari 2018-September 2018 (PT PPA, 2018)

Berdasarkan Gambar 1.2 dapat diketahui varian plastik kemasan *thermoformed* yang paling banyak diproduksi PT PPA yaitu *round drinking cups* dengan total produksi selama bulan Januari 2018-September 2018 yaitu sebanyak 92.487.200 atau sekitar 48% dari keseluruhan produksi. Hal tersebut disebabkan oleh banyaknya permintaan *customer* terhadap varian produk *round drinking cups* sehingga produksi *round drinking cups* mendominasi dari keseluruhan produksi. Oleh karena itu, produk *round drinking cups* adalah produk yang menjadi fokus *improvement* pada penelitian ini.

PT PPA berkomitmen untuk menciptakan produk berkualitas. Namun dalam kenyataannya, terdapat berbagai *defect* pada proses produksi *round drinking cups*. Berikut ini merupakan data jumlah keseluruhan *defect* pada proses produksi *round drinking cups* di PT PPA:

Tabel 1. 1 Persentase *Defect* pada Proses Produksi *Round Drinking Cups* Periode Juli-September 2018

Proses	<i>Defect</i>	<i>Output</i> Produksi	Persentase <i>Defect</i>
<i>Thermoforming</i>	4090969	30492469	13,42%
<i>Printing</i>	2299500	26065100	8,82%
<i>Extrusion</i>	29172	1346454	2,17%

Sumber: PT PPA, 2018

Berdasarkan Tabel 1.1 dapat diketahui proses yang memiliki jumlah *defect* paling banyak yaitu pada proses *thermoforming*, dimana *output* produk *defect* yang dihasilkan dari proses *thermoforming* mencapai 13,42%. Selanjutnya disusul *output* produk *defect* dari proses *printing* sebanyak 8,82%, dan *output* produk *defect* dari proses *extrusion* sebanyak 2,17%. Adanya *defect* tersebut dapat merugikan perusahaan karena *output* yang tidak sesuai standar harus *digrinding* atau dibuang maupun dilakukan *rework* yang akan menimbulkan biaya. Hal ini menunjukkan diperlukannya proses pengendalian kualitas untuk mengurangi produk *defect* yang dihasilkan dari proses produksi *round drinking cups*. Sehingga pada penelitian ini, objek *round drinking cups* yang diamati berada pada divisi *thermoforming*. Divisi *thermoforming* bertugas memproses *input* yang berupa *sheet* plastik menjadi produk jadi.

Menurut manajer *Quality Control*, mayoritas cacat yang terjadi untuk produk *round drinking cups* pada periode Juli-September 2018 adalah terjadinya *defect* diameter *cups* tidak sesuai standar dan meleyot. Diameter *cups* tidak sesuai standar ini dapat berupa diameter *cup* kurang dari standar maupun diameter *cups* lebih dari standar. *Defect* diameter tidak sesuai standar ini dapat menyebabkan *cups* tidak *fit* dengan *lid* yang akan digunakan. Sedangkan *defect* meleyot merupakan *defect* yang berupa bagian bibir gelas yang bergelombang, hal ini dapat menyebabkan kebocoran minuman pada saat gelas ditutup menggunakan *lid*. Terjadinya *defect* pada produk *round drinking cups* dapat dipengaruhi beberapa hal seperti kualitas *sheet* yang digunakan, lingkungan sekitar produksi yang kurang bersih, metode yang digunakan, faktor mesin dan faktor manusia yaitu yang terlibat pada proses produksi.

PT PPA hanya *mereject* unit produk yang tidak memenuhi spesifikasi saja tanpa adanya perbaikan lebih lanjut yang dilakukan perusahaan. Apabila tidak dilakukan perbaikan lebih lanjut untuk mengurangi adanya produk yang tidak sesuai dengan spesifikasi, maka tidak menutup kemungkinan akan terjadi penurunan loyalitas konsumen dan penurunan tingkat pendapatan perusahaan, selain itu banyaknya pesaing di bidang industri yang sama juga mendorong perusahaan untuk meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan.

Dengan dilakukan perbaikan dan pengendalian kualitas diharapkan dapat mengurangi *defect* yang ada pada proses *thermoforming*. Oleh karena itu, diperlukan perbaikan kualitas proses *thermoforming* yang pada penelitian kali ini menekankan pada *defect* yang terjadi pada proses *thermoforming round drinking cups*, sehingga perusahaan dapat melakukan perbaikan untuk mengantisipasi terjadinya produk *defect* pada proses produksi berikutnya.

Untuk menentukan solusi permasalahan pada penelitian ini menggunakan FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*). Menurut Thomsett (2005), *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) adalah suatu proses untuk mengidentifikasi kemungkinan cacat sebelum terjadi, tujuannya adalah untuk mengidentifikasi area di mana tindakan pencegahan akan berguna dalam suatu proses, karena mencegah mode kegagalan berarti mencegah cacat.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Permasalahan yang akan diselesaikan pada penelitian ini adalah bagaimana cara untuk mengurangi produk *defect* pada proses produksi *Round Drinking Cups*.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi faktor-faktor penyebab terjadinya *defect* pada produk *Round Drinking Cups*.
2. Memberikan rekomendasi untuk menurunkan tingkat *defect* pada produk *Round Drinking Cups*.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang akan diperoleh dari penelitian ini antara lain :

1. Pengurangan tingkat *defect* pada produk *Round Drinking Cups*.
2. Pemberian rekomendasi perbaikan yang dapat digunakan untuk *improvement* perusahaan.

## **1.5 Ruang Lingkup Penelitian**

Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai ruang lingkup penelitian yang terdiri dari batasan dan asumsi yang digunakan selama penelitian.

### **1.5.1 Batasan**

Adapun batasan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Data sekunder yang digunakan yaitu data pada bulan Juli 2018-September 2018.
2. Penelitian dilakukan hingga pemberian rekomendasi perbaikan.

## **1.6 Sistematika Penulisan Laporan**

Penulisan laporan penelitian Tugas Akhir ini terdiri dari enam bab yang secara rinci akan dijelaskan sebagai berikut.

### **Bab 1 Pendahuluan**

Bab ini menjelaskan mengenai latar belakang dilakukannya penelitian, perumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, batasan dan asumsi yang digunakan pada penelitian, serta uraian sistematika penulisan laporan tugas akhir.

### **Bab 2 Tinjauan Pustaka**

Bab ini membahas mengenai teori-teori yang digunakan sebagai dasar penelitian. Pembahasan mengenai teori tersebut juga bertujuan agar pembaca dapat mudah memahami konsep yang digunakan dalam penelitian. Teori-teori yang digunakan pada penelitian ini bersumber dari berbagai literatur, penelitian sebelumnya, dan jurnal mengenai penelitian sejenis.

### **Bab 3 Metodologi Penelitian**

Bab ini membahas mengenai metodologi yang digunakan dalam penelitian tugas akhir. Metodologi menggambarkan tahapan alur kegiatan pelaksanaan penelitian tugas akhir. Penggambaran alur kegiatan bertujuan agar penelitian sistematis dan terstruktur.

### **Bab 4 Pengumpulan dan Pengolahan Data**

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai pengumpulan dan pengolahan data. Data yang dikumpulkan merupakan data terkait untuk menyelesaikan masalah penelitian. Selanjutnya data tersebut diolah menggunakan metode tertentu untuk mendapatkan penyelesaian dari permasalahan.

## **Bab 5 Interpretasi dan Analisis**

Bab interpretasi dan analisis meliputi interpretasi data hasil pengolahan data yang dilakukan pada bab sebelumnya. Dari hasil interpretasi dan analisis yang dilakukan, penulis mengusulkan rekomendasi perbaikan untuk menyelesaikan permasalahan yang ada di perusahaan.

## **Bab 6 Kesimpulan dan Saran**

Pada bab ini akan dibahas mengenai kesimpulan terhadap keseluruhan rangkaian penelitian. Kesimpulan penelitian disesuaikan dengan tujuan yang telah ditetapkan. Pada bab ini penulis juga memberikan saran yang ditujukan kepada perusahaan dan pengembangan penelitian selanjutnya.

Halaman ini sengaja dikosongkan



## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini akan dibahas mengenai tinjauan pustaka yang digunakan dalam penelitian. Tinjauan pustaka yang dibahas merupakan teori yang berkaitan dengan pengendalian kualitas dan proses *thermoforming*.

#### **2.1 Pengendalian Kualitas**

Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai definisi kualitas dan pengendalian kualitas.

##### **2.1.1 Definisi Kualitas**

Montgomery (2009), membagi definisi kualitas menjadi 2 yaitu definisi tradisional dan definisi modern. Dalam definisi tradisional, kualitas merupakan kesesuaian dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Sedangkan dalam definisi modern, kualitas berbanding terbalik dengan variabilitas. Semakin kecil variabilitas pada produk maupun proses berarti kualitas produk tersebut semakin baik.

Menurut Garvin (1987) pada Montgomery (2009), terdapat 8 dimensi kualitas yaitu:

1. *Performance*, yaitu kesesuaian produk dengan fungsi utama produk maupun karakteristik utama produk.
2. *Reliability*, menunjukkan kemungkinan suatu produk dapat berfungsi dengan baik dalam suatu periode waktu tertentu, *reliability* juga menunjukkan seberapa sering suatu produk gagal menjalankan fungsinya. Untuk produk tertentu diperlukan perawatan maupun perbaikan selama umur produk.
3. *Durability*, yaitu tingkat ketahanan atau ukuran dari umur suatu produk.
4. *Serviceability*, menunjukkan kemudahan suatu produk dapat diperbaiki ketika mengalami kerusakan.
5. *Aesthetics*, yaitu tampilan visual suatu produk.
6. *Features*, merupakan karakteristik pelengkap maupun item tambahan pada fungsi utama suatu produk yang membedakan dengan produk lain.

7. *Perceived Quality*, merupakan penilaian konsumen terhadap kualitas produk yang dihasilkan.
8. *Conformance to Standard*, merupakan kesesuaian produk dengan persyaratan, ukuran, spesifikasi, atau tingkatan karakteristik produk sesuai dengan standar yang ditetapkan.

### 2.1.2 *Pengendalian Kualitas*

Pengendalian kualitas dapat didefinisikan sebagai suatu sistem yang mempertahankan tingkat kualitas suatu produk maupun pelayanan sesuai dengan apa yang diinginkan dan apabila terjadi penyimpangan karakteristik kualitas dari spesifikasi yang ditentukan maka dilakukan tindakan perbaikan sehingga spesifikasi yang diinginkan dapat tercapai (Mitra, 2016). Pengendalian kualitas statistik (*Statistical Quality Control/ SQC*) merupakan seperangkat teknik yang digunakan untuk membantu meningkatkan kualitas suatu sistem (Allen, 2006). SQC dilakukan dengan menerapkan metode statistik untuk memantau, mengevaluasi, dan untuk menentukan apakah terjadi penyimpangan pada sistem. SQC berkaitan dengan pengendalian kualitas proses statistik (*Statistical Process Control/ SPC*).

*Statistical Process Control (SPC)* merupakan penggunaan teknik berbasis statistik untuk mengontrol suatu proses (Oakland, 2003). SPC digunakan untuk memonitor dan mengevaluasi konsistensi *output* proses dan mengidentifikasi apabila terdapat penyimpangan dari spesifikasi yang sudah ditentukan. Dengan menggunakan SPC dapat dilakukan analisis pengelolaan proses, memantau dan menentukan kualitas hasil suatu sistem, sehingga dapat dilakukan evaluasi untuk melakukan perbaikan diantaranya yaitu mengurangi variasi produk maupun proses.

Menurut Montgomery (2009) terdapat 7 alat bantu *Statistical Process Control (SPC)* yaitu:

1. *Flow Chart*

Merupakan diagram alir yang menggambarkan suatu proses, mengidentifikasi aliran proses dan interaksi antara langkah-langkah proses, mengidentifikasi titik kontrol potensial.

## 2. *Pareto Chart*

Diagram untuk mengelola kesalahan, masalah, atau cacat untuk membantu memusatkan perhatian pada usaha penyelesaian masalah. Membantu mengidentifikasi permasalahan yang paling signifikan untuk diselesaikan terlebih dahulu.

## 3. *Check Sheet*

Merupakan suatu formulir yang didesain untuk mempermudah pengumpulan dan analisis data. Membantu mengidentifikasi masalah berdasarkan frekuensi, jenis, atau penyebab.

## 4. *Cause and Effect Diagram*

Menampilkan semua faktor yang menyebabkan permasalahan tertentu, membantu mengidentifikasi area masalah dimana data bisa dikumpulkan dan dianalisis.

## 5. *Histogram*

Merupakan diagram balok yang menunjukkan nilai dan frekuensi dari setiap nilai yang ada. Bentuknya menunjukkan sifat distribusi data, rata-rata dan variabilitas dapat dilihat dengan mudah.

## 6. *Control Chart*

Memonitor kinerja suatu proses antar waktu, memungkinkan proses perbaikan untuk mengurangi produk di luar spesifikasi, dapat mendeteksi dengan cepat apabila terdapat data di luar batas kendali.

## 7. *Scatter Diagram*

Merupakan sebuah grafik yang menunjukkan hubungan antar dua variabel.

## 2.2 *Root Cause Analysis*

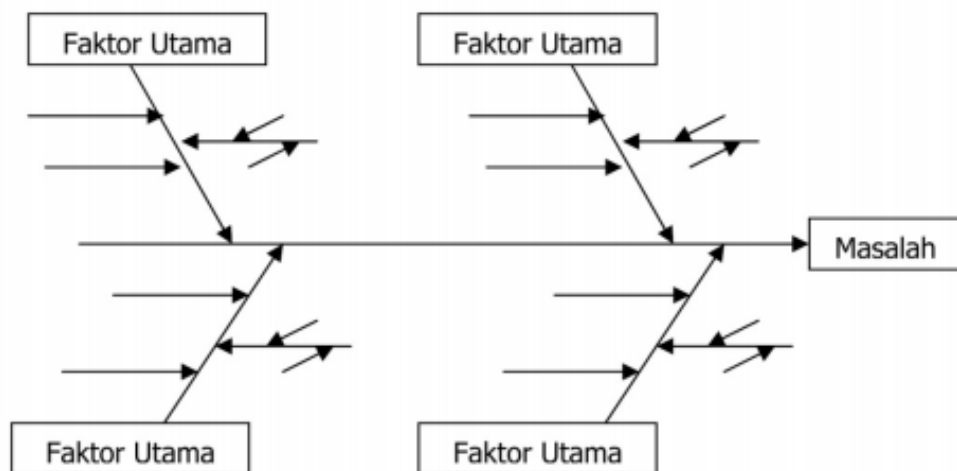
*Root Cause Analysis* (RCA) adalah suatu metode pencarian penyebab mendasar suatu kegagalan maupun permasalahan. RCA digunakan untuk mengidentifikasi tindakan korektif untuk menyelesaikan permasalahan (Barsalou, 2015). Terdapat banyak *tools* untuk menganalisis penyebab suatu kegagalan. Salah satu *tools* yang banyak digunakan yaitu *cause and effect diagram*.

Menurut Carroll (2013), *Cause and Effect Diagram* (diagram sebab akibat) atau sering disebut juga sebagai *fishbone diagram* (diagram tulang ikan) adalah alat

yang digunakan membantu mengidentifikasi penyebab potensial suatu masalah. Diagram ini menggambarkan hubungan antara masalah dengan semua faktor penyebab yang mempengaruhi masalah tersebut. Masalah tersebut dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti manusia (*man*), metode, material, lingkungan, pengukuran, permesinan, dan sebagainya.

Menurut Montgomery (2009), langkah-langkah untuk menyusun *cause and effect diagram* sebagai berikut:

1. Identifikasi dan definisikan hasil atau akibat yang akan dianalisis.
  2. Bentuk tim untuk melakukan analisis. Biasanya tim akan mengungkap potensi penyebab melalui *brainstorming*.
  3. Gambar garis panah horizontal ke kanan yang akan menjadi garis tengah.
  4. Identifikasi penyebab-penyebab utama yang mempengaruhi hasil atau akibat.
  5. Untuk setiap penyebab utama, identifikasi faktor-faktor yang menjadi penyebab dari penyebab utama.
  6. Identifikasi lebih detail secara bertingkat berbagai penyebab dan lanjutkan mengorganisasikannya dibawah kategori atau penyebab yang berhubungan.
- Berikut ini merupakan contoh *cause effect diagram* :



Gambar 2. 1 *Cause and Effect Diagram* (Bina Nusantara, 2010)

Selain *cause and effect diagram*, RCA juga dapat dilakukan dengan metode 5 *whys*. Metode ini menganalisis akar masalah dengan bertanya “mengapa” lima kali. Pertanyaan ini akan semakin mendalam sehingga dapat diketahui akar penyebab terjadinya suatu permasalahan. Menurut Barsalou (2015), tanpa bertanya mengapa lebih dari sekali, terdapat kemungkinan bahwa akar penyebab yang telah diidentifikasi adalah penyumbang kegagalan yang sedang diselidiki, tetapi bukan penyebab mendasar yang sebenarnya. Ini bisa mengarah pada tindakan korektif yang salah dan dapat menyebabkan kegagalan terjadi lagi.

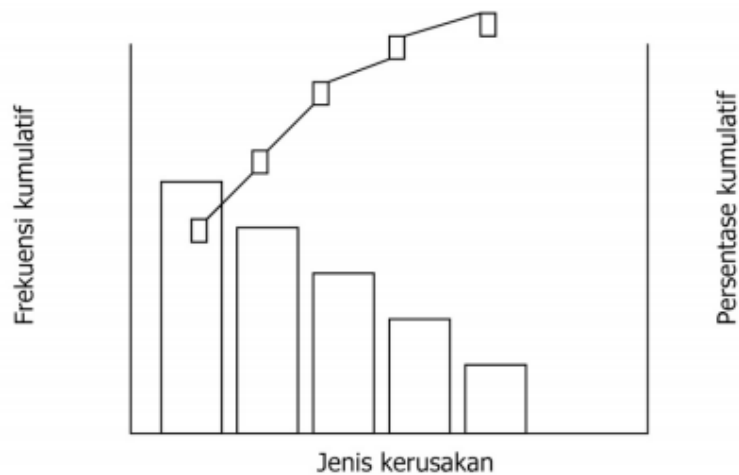
### 2.3 *Pareto Chart*

*Pareto chart* dikenal dengan aturan 80/20, yang menunjukkan bahwa 20% dari proses, orang, peristiwa, dan sebagainya, menyebabkan 80% masalah. Menurut Montgomery (2009), *pareto chart* adalah grafik batang yang menunjukkan masalah berdasarkan distribusi frekuensi atau urutan banyaknya kejadian. *Pareto chart* dapat membantu manajemen dengan cepat dan secara visual untuk mengidentifikasi masalah yang paling sering terjadi dan harus segera ditangani.

Menurut Oakland (2003), cara membuat *pareto chart* sebagai berikut :

1. Menentukan permasalahan yang diteliti, mengidentifikasi kategori-kategori atau penyebab-penyebab dari masalah.
2. Menghitung frekuensi dari masalah yang diteliti.
3. Mengurutkan masalah berdasarkan frekuensi kejadian dari frekuensi tertinggi hingga frekuensi terendah, serta menghitung frekuensi kumulatif, persentase frekuensi, serta persentase frekuensi kumulatif.
4. Menggambarkan kurva pareto.
5. Menginterpretasikan *pareto chart* yang sudah dibuat untuk mengambil tindakan atas penyebab utama dari masalah yang terjadi.

Berikut ini merupakan gambaran dari *pareto chart* :



Gambar 2. 2 *Pareto Chart* (Bina Nusantara, 2010)

#### 2.4 *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*

Menurut Thomsett (2005), *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* adalah suatu proses untuk mengidentifikasi kemungkinan cacat sebelum terjadi, tujuannya adalah untuk mengidentifikasi area di mana tindakan pencegahan akan berguna dalam suatu proses karena mencegah mode kegagalan berarti mencegah cacat. FMEA juga digunakan untuk menentukan kegagalan apa yang mungkin terjadi, seberapa sering, dan apa dampak kegagalan pada proses dan kepuasan CTQ.

Tujuan FMEA menurut Carroll (2013) adalah sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi dan memahami moda kegagalan potensial penyebab dan efek kegagalan memenuhi persyaratan *customer* yang kritis.
2. Menilai risiko dengan moda kegagalan yang teridentifikasi, termasuk kemungkinan terjadinya dan kemampuan mendeteksi kegagalan.
3. Mengevaluasi rencana pengendalian untuk mencegah kegagalan yang terjadi.
4. Mengidentifikasi dan melaksanakan prioritas tindakan untuk meningkatkan proses atau mempersiapkan mengatasi prediksi kegagalan.

Langkah-langkah melakukan FMEA antara lain :

1. Mengidentifikasi proses.
2. Membuat daftar masalah-masalah potensial yang mungkin muncul efek dan penyebab dari masalah tersebut,

3. Menilai tingkatan masalah untuk keparahan (*severity*), probabilitas kejadian (*occurrence*) dan detektabilitas (*detection*).
4. Menghitung *Risk Priority Number* dengan mengalikan ketiga variabel ( $RPN = severity \times occurrence \times detection$ ).
5. Menentukan tindakan prioritas yang harus dilakukan berdasarkan hasil penghitungan RPN.

Pengukuran terhadap besarnya nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection* adalah sebagai berikut :

1. *Severity*

*Severity* yaitu menghitung seberapa besar dampak kegagalan (*failure*) mempengaruhi *output process*. Dampak tersebut dinilai dari skala 1-10, dimana 10 merupakan dampak terburuk. Penentuan terhadap rating dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. 1 FMEA Rating Severity

Severity (S)	
Keterangan	Rating
No. Tidak ada pengaruh yang disadari pelanggan.	1
<i>Very minor</i> . Menimbulkan gangguan sangat kecil pada lini produksi. Sangat sedikit produk yang perlu dilakukan <i>rework</i> .	2
<i>Minor</i> . Menimbulkan gangguan ringan pada lini produksi. <5% produk mungkin perlu dilakukan <i>rework</i> .	3
<i>Very low</i> . Menimbulkan gangguan sangat rendah pada lini produksi. <10% produk mungkin perlu dilakukan <i>rework</i> .	4
<i>Low</i> . Menimbulkan gangguan rendah pada lini produksi. <15% produk mungkin perlu dilakukan <i>rework</i> .	5
<i>Moderate</i> . Menimbulkan gangguan sedang pada lini produksi. >20% produk mungkin harus dibuang.	6
<i>High</i> . Menimbulkan gangguan tinggi pada lini produksi. >30% produk mungkin harus dibuang. Proses mungkin dihentikan. <i>Customer</i> tidak puas.	7

Sumber: Stamatis, 2014

Tabel 2. 1 FMEA *Rating Severity* (Lanjutan)

<i>Severity (S)</i>	
Keterangan	<i>Rating</i>
<i>Very high.</i> Menimbulkan gangguan tinggi pada lini produksi. Hampir 100% produk mungkin harus dibuang. Proses tidak dapat diandalkan. <i>Customer</i> sangat tidak puas.	8
<i>Hazard with warning.</i> Dapat membahayakan operator atau peralatan. Sangat mempengaruhi operasi proses yang aman, melibatkan ketidakpatuhan terhadap peraturan pemerintah. Kegagalan akan terjadi dengan peringatan.	9
<i>Hazard with no warning.</i> Dapat membahayakan operator atau peralatan. Sangat mempengaruhi operasi proses yang aman, melibatkan ketidakpatuhan terhadap peraturan pemerintah. Kegagalan terjadi tanpa peringatan.	10

Sumber: Stamatis, 2014

## 2. *Occurrence*

*Occurance* merupakan frekuensi terjadinya kegagalan (*failure*) yang mungkin terjadi untuk penyebab tertentu selama umur produk. Penentuan nilai *occurrence* dapat dilihat berdasarkan tabel berikut:

Tabel 2. 2 FMEA *Rating Occurrence*

<i>Occurrence (O)</i>		
<i>Degree</i>	Frekuensi Kejadian	<i>Rating</i>
<i>Remote.</i> Tidak pernah terjadi kegagalan. Tidak ada kegagalan pada proses sejenis.	1 per 1.500.000 item	1
<i>Low.</i> Beberapa kegagalan terisolasi yang berkaitan dengan proses yang hampir sama	1 per 150.000 item	2
	1 per 15.000 item	3

Sumber: Stamatis, 2014



Tabel 2. 2 FMEA Rating Occurrence (Lanjutan)

Occurrence (O)		
Degree	Frekuensi Kejadian	Rating
Moderate. Terjadi kegagalan pada proses yang sama tapi tidak dalam jumlah yang besar.	1 per 2.000 item	4
	1 per 400 item	5
	1 per 80 item	6
High. Kegagalan berulang, proses yang hampir sama sering mengalami kegagalan.	1 per 20 item	7
	1 per 8 item	8
Very high. Kegagalan hampir tidak bisa dihindari.	1 per 3 item	9
	>1 per 2 item	10

Sumber: Stamatis, 2014

### 3. Detection

*Detection* merupakan kemampuan mendeteksi kegagalan sebelum *output* diterima *customer*. Penentuan nilai *detection* sebagai berikut:

Tabel 2. 3 FMEA Rating Detection

Detection (D)	
Keterangan	Rating
Almost certain. Kontrol hampir pasti mendeteksi adanya kegagalan.	1
Very high. Kontrol memiliki peluang sangat tinggi mendeteksi adanya kegagalan.	2
High. Kontrol memiliki peluang tinggi mendeteksi adanya kegagalan.	3
Moderately high. Kontrol memiliki peluang cukup tinggi mendeteksi adanya kegagalan.	4
Moderate. Kontrol memiliki peluang sedang mendeteksi adanya kegagalan.	5
Low. Kontrol memiliki peluang rendah mendeteksi adanya kegagalan.	6

Sumber : Stamatis, 2014

Tabel 2. 3 FMEA *Rating Detection* (Lanjutan)

<i>Detection (D)</i>	
Keterangan	<i>Rating</i>
<i>Very low.</i> Kontrol memiliki peluang sangat rendah mendeteksi adanya kegagalan.	7
<i>Remote.</i> Kontrol sulit mendeteksi adanya kegagalan.	8
<i>Very remote.</i> Kontrol lebih cenderung tidak akan mendeteksi kegagalan.	9
<i>Very uncertain.</i> Kontrol sangat mungkin tidak akan mendeteksi adanya kegagalan.	10

Sumber : Stamatis, 2014

## 2.5 Plastik

Plastik merupakan polimer dengan rantai panjang molekul yang terdiri dari berbagai elemen seperti karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, klorin dan belerang. Polimer tersusun atas banyak molekul sederhana. Kata polimer, berasal dari bahasa Yunani, poli yang berarti banyak, dan meros, yang berarti satuan atau bagian. Unit atau bagian dalam polimer disebut monomer dan merupakan molekul awal yang digunakan dalam membentuk polimer (Muralisrinivasan, 2010).

Menurut Throne (2008) polimer adalah sintetis, dan rantai panjang terdiri dari unit berulang bergabung bersama dengan ikatan kovalen yang memegang atom dalam sintesis polimer baik adisi maupun proses polimerisasi kondensasi. Sifat fisik polimer secara langsung terkait dengan panjang dan kombinasi ikatan antara rantai polimer, sifat fisik tersebut dapat dimodifikasi dengan paduan dan pencampuran dengan berbagai polimer maupun penambahan bahan tertentu. Hampir semua polimer dicampur dengan aditif seperti penstabil termal, antioksidan, pewarna pengoreksi warna, alat bantu pemrosesan internal dan eksternal, dan aditif khusus produk seperti pewarna, stabilisator UV, pengisi, zat penguat, dan lain-lain. Istilah plastik mengacu pada polimer yang dicampur dengan zat aditif tertentu.

Menurut Klein (2009), terdapat dua kategori utama plastik, yaitu termoplastik dan termoset. Termoplastik adalah bahan yang dapat dipanaskan, dilunakkan, direformasi, dan didinginkan hingga menjadi padat beberapa kali.

Termoplastik memiliki sifat dapat kembali ke sifat aslinya (*reversible*). Sedangkan termoset memiliki sifat tidak dapat dibentuk kembali setelah dipanaskan dan dibentuk untuk pertama kalinya (*irreversible*). Sekitar 80% hingga 90% dari plastik yang digunakan adalah termoplastik dan ini adalah bahan yang digunakan dalam proses *thermoforming*.

Berikut ini merupakan beberapa jenis plastik *thermoplastic* :

1. *Polyethylene Terephthalate* (PETE atau PET)

Bersifat bening, transparan, fleksibel, kedap air dan gas, kuat, tahan pelarut, dan dapat didaur ulang dengan mudah. Biasanya digunakan untuk botol seperti botol minuman, minyak goreng, dsb. Tidak cocok untuk wadah makanan hangat dan panas dengan suhu  $>60^{\circ}\text{C}$ .

2. *High Density Polyethylene* (HDPE)

Bersifat keras-semifleksibel, keras, kuat, tahan bahan kimia, mudah diolah dan dibentuk. Sering digunakan untuk botol minuman, botol pemutih dan deterjen, tutup plastik, dsb.

3. *Polyvinyl Chloride* (PVC)

Memiliki sifat keras, kaku, sukar ditembus air, ketahanan kimia yang baik. Biasa digunakan untuk pipa, botol makanan dan minuman, baki, dsb. Tidak baik digunakan untuk wadah makanan yang berminyak, mengandung alkohol, dan panas.

4. *Low Density Polyethylene* (LDPE)

Bahan kuat, sedikit tembus cahaya, fleksibel, kedap air, dan mudah diproses. Biasa digunakan untuk kantong kresek, kantong sampah, dsb. Tidak cocok untuk makanan.

5. *Polypropylene* (PP)

Bahan kuat, fleksibel, tahan bahan kimia, tahan panas dan minyak. Cocok digunakan untuk kemasan makanan, tempat obat, sedotan, dsb.

6. *Polystyrene* (PS)

*Polystyrene* terdiri dari 2 jenis, yaitu *polystyrene* lunak (berbentuk foam) dan kaku. *Polystyrene* lunak memiliki bentuk seperti busa, lunak, berwarna putih, mudah dipengaruhi lemak dan alkohol. Contohnya yaitu *Styrofoam*. Sedangkan *polystyrene* kaku biasanya bening, kaku, mudah dipengaruhi

lemak maupun alkohol, contohnya yaitu kotak plastik bening untuk wadah makanan.

Terdapat dua kategori umum termoplastik yaitu amorf dan kristal atau semikristalin. Ketika setiap polimer termoplastik dipanaskan dari suhu yang sangat rendah, ia mengalami transisi fisik dari keadaan gelas bersuhu rendah ke keadaan kenyal. Transisi tersebut disebut sebagai suhu transisi gelas (*glass transition temperature*). Polimer yang hanya memiliki suhu transisi gelas disebut polimer amorf. *Polystyrene* (PS) dan *Polyvinyl Chloride* (PVC) adalah contoh polimer amorf. Ketika polimer menunjukkan transisi fisik kedua, dari keadaan kenyal ke keadaan cair atau meleleh disebut kristal atau semi-kristal polimer. Transisi kedua ini biasanya terjadi pada rentang temperatur beberapa derajat, meskipun biasanya hanya satu suhu dilaporkan sebagai suhu leleh. *Polyethylene* (PE) dan *polypropylene* (PP) adalah polimer kristalin (Throne, 2008).

Berikut ini merupakan tabel yang menampilkan suhu transisi beberapa polimer.

Tabel 2. 4 Suhu Transisi Jenis Polimer

<i>Polymer</i>	<i>Glass Transition Temperature</i> [°F (°C)]	<i>Melting Temperature</i> [°F (°C)]	<i>Heat Distortion Temperature</i> 66 psi (0,46 N/mm <sup>2</sup> ) [°F (°C)]
<i>Polystyrene</i>	200(4)	- (-)	155-204 (68-96)
PMMA	212 (100)	- (-)	165-235 (74-113)
PMMA/ PVC	221 (105)	- (-)	177 (81)
ABS	190-248 (88-120)	- (-)	170-235 (77-113)
<i>Polycarbonate</i>	300 (150)	- (-)	280 (138)
<i>Rigid PVC</i>	170 (77)	- (-)	135-180 (52-82)
PETG	180 (82)	- (-)	158 (70)
LDPE	-13 (-25)	239 (115)	104-112 (40-44)
HDPE	-148 (-100)	273 (134)	175-196 (79-91)
<i>Cellulose Acetate</i>	158,212 (70,100)	445 (230)	125-200 (52-93)
<i>Polypropylene</i>	41 (5)	334 (168)	225-250 (107-121)

Sumber: Throne, 2008

Tabel 2. 4 Suhu Transisi Jenis Polimer (Lanjutan)

<i>Polymer</i>	<i>Glass Transition Temperature</i> [°F (°C)]	<i>Melting Temperature</i> [°F (°C)]	<i>Heat Distortion Temperature</i> 66 psi (0,46 N/mm <sup>2</sup> ) [°F (°C)]
<i>Copolymer Polypropylene</i>	-4 (-20)	302-347 (150-175)	185-220 (85-104)
PET	158 (70)	490 (225)	120 (49)

Sumber: Throne, 2008

## 2.6 *Polyethylene Terephthalate (PET)*

*Polyethylene terephthalate* yang secara umum dikenal sebagai PET adalah material plastik dengan polimer rantai panjang sederhana famili *polyester*. *Polyester* terbentuk dari *ethylene glycol* dan asam *terephthalic*, yang dikombinasikan untuk membentuk rantai polimer. Meskipun banyak *polyester* diproduksi, polimer dominan adalah *polyethylene terephthalate* (PET), yang merupakan produk reaksi dietilena glikol dengan asam tereftalat. Air adalah molekul kecil yang dominan yang diekstrak dari reaksi PET (Throne, 2008).

Menurut Klein (2009), PET banyak digunakan pada industri plastik kemasan karena memiliki sifat ketahanan yang sangat baik terhadap gas dan kelembaban, serta memiliki kekuatan tarik tinggi. Selain itu, PET juga memiliki sifat ketahanan kimia yang baik, jernih, mudah diproses, dan memiliki stabilitas termal. PET dianggap sebagai bahan yang sangat baik untuk berbagai aplikasi dan secara luas digunakan di sektor pengemasan.

Menurut Mandal dan Dey (2019), PET memiliki sifat mekanik, listrik, dan termal yang sangat baik. Selain itu memiliki ketahanan kimia yang sangat baik, transparansi, stabilitas dimensi, dan penyerapan kelembaban rendah. Sifat-sifat penting PET antara lain sebagai berikut:

1. Transparan dan ringan
2. Difusi kelembaban yang sangat rendah melalui polimer matriks
3. Stabilitas dimensional yang sangat baik
4. Properti listrik yang sangat baik
5. Ketahanan kimia yang sangat baik

6. Resistensi tegangan retak lingkungan yang baik
7. Ketahanan termal yang sangat baik
8. *Creep* yang sangat rendah pada rentang suhu yang lebar
9. Stabilitas warna yang sangat baik
10. Ketahanan aus yang sangat baik
11. Adsorpsi bau rendah
12. Penampilan estetika yang lebih baik (dibandingkan dengan polimer lain)
13. Ketersediaan ekonomi dan kemampuan proses yang mudah
14. Daya daur ulang yang sangat baik

PET digunakan secara luas dalam produk-produk seperti botol, instrumen listrik dan elektronik, produk mobil, barang-barang rumah tangga, produk pencahayaan, peralatan listrik, peralatan penanganan material, dan barang-barang olahraga (Awaja and Pavel, 2005).

PET relatif kaku, PET memiliki suhu transisi gelas sekitar 158 °F (70°C). Dalam kondisi termal yang ideal, bagaimanapun, PET akan mengkristal, meskipun cukup lambat, hingga maksimum sekitar 40% (berat) dan suhu leleh sekitar 490° F (225°C). PET biasanya tidak diekstrusi dalam lembaran tebal, karena lembaran tebal tidak dapat didinginkan cukup cepat (Throne, 2008).

PET dapat didaur ulang dan dicairkan kembali, atau dengan memecahnya secara kimia ke bahan komponennya untuk membuat resin PET baru. Produk yang umumnya terbuat dari PET daur ulang termasuk botol, tali pengikat industri, komponen otomotif, bahan konstruksi, dan sebagainya (PETRA, 2018). Dengan daur ulang, PET membentuk bagian dari siklus material tertutup, secara signifikan mengurangi pemanfaatan sumber daya seperti minyak mentah.

Salah satu kekurangan dari PET adalah kekuatan lelehnya yang rendah, yang membuat nilai standar sulit atau tidak mungkin untuk diproses dengan ekstrusi *blow molding*. Kekuatan meleleh tergantung pada keberadaan cabang rantai panjang atau spesies dengan berat molekul yang lebih tinggi untuk menyediakan keterikatan dalam pencairan. PET memiliki distribusi berat molekul yang sempit dan tidak ada cabang rantai panjang. PET juga terkena hidrolisis pada suhu tinggi, sehingga PET harus kering sebelum diproses, yaitu kadar air harus kurang dari 0,005% (Selke and Culter, 2016).

## 2.7 Thermoforming

Pada industri plastik, proses *thermoforming* merupakan proses sekunder dimana sebagai bahan input yaitu *sheet* plastik yang dibuat melalui proses *extrusion*. Proses *thermoforming* memiliki tiga langkah dasar: memanaskan lembaran (*heating*), membentuk lembaran (*forming*) kemudian mendinginkannya, dan memangkas bagian (*trimming*). Setiap langkah ini harus dilakukan dengan benar atau bagian-bagiannya tidak akan terbentuk dengan benar. Berikut ini merupakan gambaran langkah dasar proses *thermoforming*.



Gambar 2. 3 Langkah Dasar Proses *Thermoforming* (Muralisrinivasan, 2010)

Proses *thermoforming* dimulai dari persiapan *sheet*, memasukkan *sheet* yang dihasilkan dari proses *extrusion* sebagai *input* proses *thermoforming*, memanaskan *sheet* dengan suhu pembentukannya, merentangkan *sheet* menjadi bentuk yang diinginkan, dan mendinginkannya ke suhu dimana bentuk baru akan dipertahankan, melepas dari cetakan dan memotong bagian menjadi bentuk akhir yang diinginkan. Potongan *sheet* yang tidak digunakan akan di *grinding* dan dicampur dengan resin untuk dilakukan proses *extrusion* membentuk *sheet*. Berikut ini merupakan gambaran mesin *thermoforming* pada PT PPA.



Gambar 2. 4 Mesin *Thermoforming* (Engelmann, 2012)

Menurut Throne (2008), hampir semua mesin *thermoforming* modern yang digunakan untuk memproses *sheet* ukuran tipis memiliki elemen berikut :

1. *Sheet takeoff or unwind station*

Merupakanudukan *roll* untuk menopang *roll sheet* yang nantinya akan di proses sebagai *input* pada mesin *thermoforming*. Dudukan ini harus cukup kuat untuk menopang gulungan *sheet*. Dudukan *roll* harus dapat diakses *forklift* dan harus mampu digunakan untuk gulungan dengan diameter inti yang berbeda. Pada stasiun ini *roll sheet* dibuka dari gulungan dan diumpangkan ke mesin *thermoforming* yaitu dimasukkan ke *pin chain rail*.

2. *Pin-chain and pin-chain rail*

*Pin chain* merupakan paku atau pin yang ditempatkan secara teratur untuk menahan *sheet*. Rantai digunakan untuk menarik *sheet* dari *unwind station* ke oven, stasiun *form* dan stasiun *trim*. Rantai pin ini merupakan servo-driven sehingga *sheet* dapat bergerak lancar melalui percepatan, perlambatan, dan kecepatan konstan selama pengindeksan.

3. *Oven(s)*

Oven digunakan untuk memanaskan *sheet* sebelum dibentuk. Oven adalah paralel yaitu di atas dan di bawah bidang lembaran, *sheet* dipanaskan sampai mencapai suhu yang diinginkan untuk *thermoforming*.

4. *The Forming Press*

*Forming press frame* digunakan untuk memungkinkan cetakan ditempelkan ke pelat di atas *frame sheet* serta ditempelkan ke pelat di bawahnya. Pelat dan rangka atas juga harus mampu membawa beban seperti *plug assist*, *pressure box*, *clamp frame*, dan sebagainya. *Clamp frame* harus cukup kuat untuk memastikan *sheet* plastik dipegang dengan kuat selama proses pembentukan.

5. *Plug assist prestretching devices*

*Plug assist* merupakan alat yang digunakan untuk menekan *sheet* ke dalam *cavity* atau *mold*. Dengan adanya *plug assist* maka dapat untuk meregangkan lembaran sebelum dinyalakan *vacuum* atau tekanan selama proses *forming*.



6. *Trim means (optional)*

Jika *part* yang terbentuk dipangkas selama proses *forming*. Maka diperlukan untuk menentukan ketajaman *trim dies*. *Trim dies* digunakan untuk memangkas *part* yang sudah terbentuk sehingga terpisah dari *web*.

7. *In-machine stacking means (optional)*

Setelah *part* terbentuk dan dipangkas, *part* akan terlepas dari *web*. Selanjutnya dilakukan penumpukan *cup* secara mekanis dengan didorong ke *stacking plate* 1 yang dilengkapi dengan sensor untuk memastikan dengan jumlah tertentu, selanjutnya dari *stacking plate* 1 *part* akan diambil oleh *stacking plate* 2 dan diletakkan ke konveyor.

8. *Vacuum box and vacuum system*

Tujuan dari *vacuum system* adalah untuk mengevakuasi semua udara yang terdapat pada rongga *mold* dengan cara yang terkontrol dan secepat mungkin. *Vacuum box* merupakan bagian dari *vacuum system* yang berfungsi untuk menampung udara dari yang disedot dari *mold*.

9. *Pressure box and pressurization system*

Merupakan elemen dan sistem yang mengatur mengenai tekanan yang diberikan untuk membentuk *sheet*. *Pressure box* digunakan ketika *sheet* dibentuk dan membutuhkan tekanan udara untuk membentuk selain menggunakan *vacuum*. Tekanan tambahan akan dengan cepat mengeluarkan udara yang terjebak di antara *sheet* dan *mold*, sehingga dengan adanya tekanan proses *forming* menjadi lebih cepat.

10. *Trim or web take-up station*

Merupakan proses pengambilan *sheet* sisa proses *forming* maupun trim, yang selanjutnya akan dipotong maupun di *grinding*.

11. *Condition monitors and process control*

Merupakan elemen yang digunakan untuk memonitor dan mengendalikan operasi mesin seperti mekanisme *vacuum*, suhu elemen *heaters*, suhu *sheet*, dsb.

12. *Safety elements*.

*Safety elements* digunakan untuk memastikan proses yang terjadi pada mesin tidak berbahaya. *Safety element* paling penting adalah operator

yang terlatih sepenuhnya dan memahami kinerja maupun fungsi mesin. Untuk membantu operator yang terlatih, mesin menggabungkan banyak fitur keselamatan dan interlock. Sebagai contoh, untuk menghapus bagian yang terjebak dalam cetakan atau pada *trim press*, mesin harus dimatikan untuk mengakses bagian dari *press*.

### 2.7.1 *Persiapan Sheet*

*Sheet roll* ditempatkan padaudukan gulungan. *Sheet roll* bergerak dengan pin-rantai yang *servo-driven* sehingga *sheet* bergerak lancar melalui percepatan, perlambatan, dan kecepatan konstan. Jumlah dan jenis persiapan *sheet* tergantung pada ketebalan *sheet* serta proses yang digunakan untuk membentuk *sheet* tersebut. Ketebalan lembar diklasifikasikan dengan ukuran tertentu. *Sheet* ukuran tipis cenderung mengarah ke produk sekali pakai, seperti plastik kemasan. Sedangkan *sheet* ukuran tebal cenderung mengarah ke produk permanen atau industri.

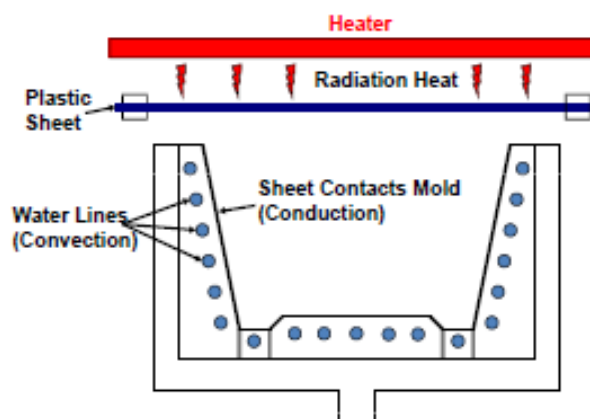
Ukuran tipis yaitu *sheet* dengan ketebalan kurang dari .060 inci (1,50 mm). *Sheet* tipis biasanya diekstrusi dalam bentuk gulungan dengan diameter 1-1,15m. Gulungan tersebut bisa seberat 1800 kg dan bisa memuat sekitar 3000m *sheet*. Lembaran ini biasanya dimasukkan langsung ke dalam mesin dari gulungan dan biasanya berkelanjutan yang biasanya disebut *roll fed thermoforming*. Proses ini biasa digunakan untuk produk dengan volume sangat tinggi seperti piring sekali pakai, gelas minum, dan beberapa kemasan. Sedangkan *sheet* ukuran tebal memiliki ketebalan lebih dari 0,120 inci (3,0 mm). *Sheet* ini biasanya diekstrusi dan dipotong menjadi potongan-potongan diskrit yang ditumpuk pada palet. Potongan-potongan ini kemudian diumpankan, baik secara manual atau otomatis, ke mesin *thermoforming* yang disebut mesin *cut-sheet machine* (Throne, 2017).

Menurut Klein (2009), beberapa bahan memerlukan pengeringan terlebih dahulu. Untuk bahan bersifat higroskopis yang berarti mereka menyerap kelembapan pada tingkat molekuler. Jika kelembapan hadir selama proses pemanasan, ia berubah menjadi uap dan menciptakan cacat kualitas dalam produk. Bahan seperti polikarbonat, akrilik, dan nilon mungkin memerlukan pengeringan yang ekstensif jika lembarannya terpapar lingkungan lembab selama penyimpanan. Hal ini akan menambah biaya produk. Jika bahan lembaran tidak disimpan dengan

benar atau disimpan untuk waktu yang lama, itu juga akan menyerap kelembaban. Praktik terbaik adalah menutup lembaran polimer ini dengan film polietilen pada proses *extrusion*. Jika pengeringan diperlukan, itu dilakukan dalam oven resirkulasi pada sekitar 150-300°F dan dapat memakan waktu antara 2 dan 4 jam tergantung pada jenis bahan dan ketebalan lembaran.

### 2.7.2 Heating

*Sheet* harus dipanaskan untuk dapat dibentuk. *Sheet* ini dipegang dalam bingkai penjepit pada semua sisi sehingga ketika dipanaskan mereka tidak akan melintir atau melengkung. Suhu optimum tergantung pada jenis polimer dan desain cetakan yang digunakan untuk membuat bentuk yang diinginkan. Tujuan dari proses pemanasan adalah memanaskan lembaran secara merata. Terdapat 3 metode perpindahan panas antara dua permukaan yaitu radiasi, konduksi dan konveksi dimana ketiganya digunakan dalam proses *thermoforming*. Radiasi digunakan untuk memanaskan lembaran ke suhu yang diinginkan. Konduksi digunakan untuk memanaskan inti lembaran serta dalam proses pendinginan. Konveksi digunakan terutama untuk mendinginkan bagian sehingga dapat dikeluarkan dari cetakan dengan cepat.



Gambar 2. 5 Perpindahan Panas pada *Thermoforming* (Klein, 2009)

### 2.7.3 Forming

Proses *forming* pada proses *thermoforming* pada dasarnya adalah masalah stres / regangan. Saat material dipanaskan, jumlah gaya, tegangan, diperlukan untuk membentuk material. Oleh karena itu, kurva tegangan / regangan sangat bervariasi

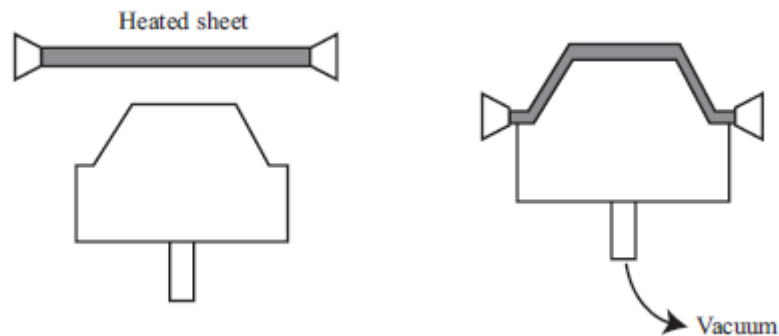
dengan suhu. Ketika bahan termoplastik berada dalam suhu *thermoforming*, jumlah tegangan yang diperlukan untuk deformasi dapat sangat rendah. Karena panjang deformasi yang dibutuhkan meningkat atau tingkat detail di bagian tertentu meningkat, jumlah gaya harus meningkat. Namun, gaya ini jarang mencapai 200 PSI. Untuk alasan ini, *thermoforming* dianggap sebagai proses tekanan rendah (Klein, 2009).

Dalam semua proses *forming*, *sheet* panas ditekan ke permukaan cetakan dengan menerapkan lebih besar tekanan udara di satu sisi *sheet* daripada pada di sisi yang lain. Misalnya pada *vacuum forming*, berlaku hingga 1 atm tekanan diferensial atau 0,1 MPa di seluruh *sheet*. Dalam *pressure forming*, diperlukan sekitar 1 MPa untuk menekan *sheet* plastik terhadap permukaan cetakan. *Pressure forming* digunakan dalam *sheet* tebal. *Pressure forming* juga dapat digunakan dalam pembuatan *sheet* tipis untuk mengurangi waktu siklus pendinginan dengan mendorong lembaran secara cepat dari steker dan menekannya keras terhadap permukaan cetakan dingin.

Menurut Selke dan Culter (2016), terdapat banyak metode untuk proses *forming* setelah *sheet* dilunakkan oleh proses *heating*. Metode dasar proses *forming* adalah *drape forming*, *vacuum forming*, dan *pressure forming*. Teknik *thermoforming* lainnya adalah modifikasi atau kombinasi dari metode dasar ini. Berikut ini merupakan 3 metode dasar proses *forming*:

1. *Drape Forming*

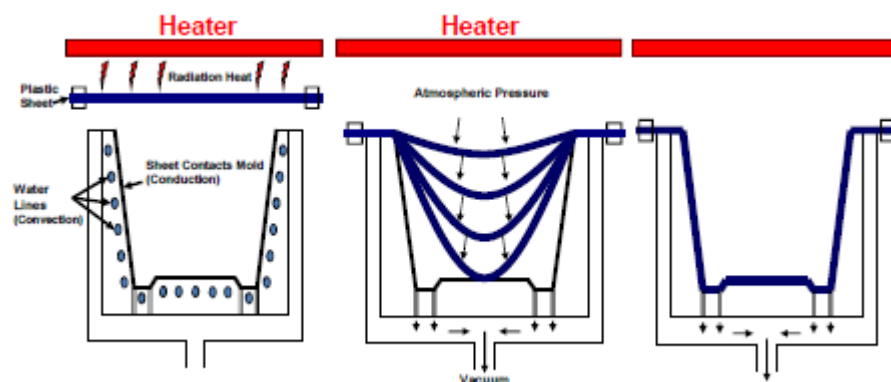
Dalam *drape forming*, gaya pembentuk utama adalah pengaruh gravitasi pada lembaran plastik panas. Biasanya cetakan yang positif, atau laki-laki dari bagian, dengan bentuk cembung. Pembentukan dibantu oleh aplikasi vakum untuk menarik bahan di sekitar bentuk. *Sheet* plastik panas direntangkan menutupi *male mold* atau *positive mold*. Vakum dapat digunakan untuk menarik lembaran rapat ke permukaan cetakan.



Gambar 2. 6 Proses *Drape Forming* (Selke dan Culter, 2016)

## 2. *Vacuum Forming*

Gaya pembentuk utama *vacuum forming* adalah tekanan udara, yang disebabkan oleh tekanan atmosfer normal pada satu sisi lembaran dan hampa dekat di sisi lain. Biasanya menggunakan *female mold* atau *negative mold*. *Sheet* yang sudah dipanaskan dijepit ke tepi cetakan, dan vakum diterapkan untuk menarik lembaran ke dalam rongga cetakan sehingga lembar dipaksa ke dalam bentuk.

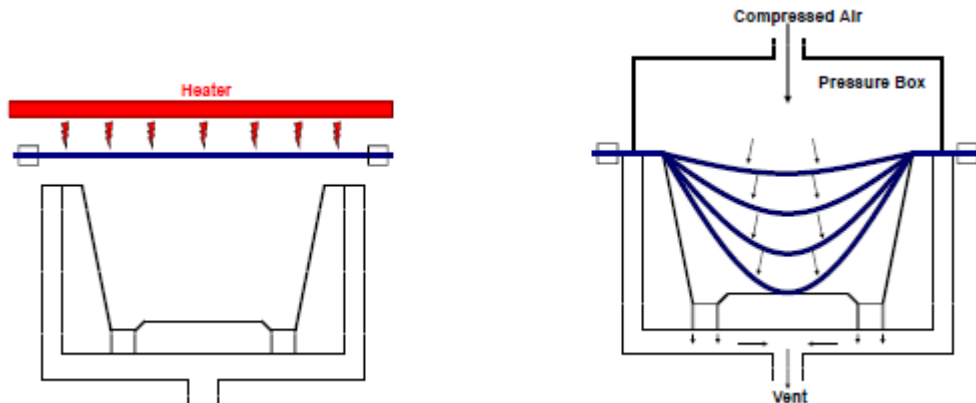


Gambar 2. 7 Proses *Vacuum Forming* (Klein, 2009)

## 3. *Pressure Forming*

*Pressure forming* menggunakan tekanan tambahan untuk membentuk *sheet*. Baik *positive mold* maupun *negative mold* dapat digunakan. Tekanan udara paling sering lebih besar dari satu atmosfer diberikan ke satu sisi *sheet*, sementara vakum ditarik di sisi lain. Tekanan yang diberikan umumnya 20-80 psi, tetapi tekanan setinggi 500 psi kadang-

kadang digunakan. *Pressure forming* dapat mencapai detail yang lebih baik dan memungkinkan pembentukan lebih cepat daripada metode *forming* yang memiliki kekuatan penggerak maksimum satu atmosfer. Proses ini biasanya diterapkan untuk membentuk *sheet* yang tebal, produk yang membutuhkan detail ekstrim, dan bahan yang sulit dibentuk seperti polikarbonat.



Gambar 2. 8 Proses *Pressure Forming* (Klein, 2009)

Setelah *sheet* dibentuk menggunakan proses *forming* tertentu, pendinginan dimulai segera ketika *sheet* menyentuh permukaan cetakan. Menggunakan konsep pemanasan konduksi, bahan plastik panas adalah pemanasan cetakan dingin. Semakin cepat bagian itu dapat didinginkan, semakin cepat ia dapat dilepas dari cetakan. Aluminium adalah bahan cetakan yang paling umum untuk bagian volume tinggi dan untuk hampir semua proses *roll-fed*. Cetakan aluminium didinginkan dengan melewati air yang dikontrol suhu melalui bagian yang dibor. Menggunakan konsep pemanasan konveksi, cetakan panas memanaskan air dingin. Tambahan pendinginan konveksi sering digabungkan dengan meniup udara atau kabut air halus di bagian yang terbentuk. Proses pendinginan bisa sangat cepat atau lambat tergantung pada bahan cetakan dan ketebalan bagian. *Sheet* tipis didinginkan pada cetakan aluminium yang hanya di atas suhu di mana kondensasi terjadi sekitar 1 detik. Mendinginkan *sheet* tebal bisa memakan waktu beberapa menit. Beberapa variabel dalam proses pendinginan yang mempengaruhi total waktu pendinginan diantaranya jenis dan tingkat plastik yang didinginkan, ketebalan material setelah

peregangan, suhu material, suhu set polimer, suhu cetakan, suhu bahan cetakan, dll (Klein, 2009).

Jika *sheet* tidak cukup didinginkan, maka *sheet* yang dibentuk dapat berubah bentuk setelah lepas dari cetakan. Jika terlalu dingin, siklusnya terlalu panjang. Saat bahan plastik didinginkan maka akan menyusut, hal ini membuat *sheet* yang sudah dibentuk mudah dilepaskan dari cetakan.

#### 2.7.4 *Trimming*

Terdapat tiga metode umum proses *trimming* produk dari lembaran:

1. *In place trimming*, di mana *die trim* berada pada cetakan dan diaktifkan setelah produk telah terbentuk.
2. *In machine trimming*, di mana *sheet* yang berisi produk yang terbentuk diatur ke *trimming press* yang terletak pada bingkai mesin.
3. *In line trimming*, di mana *sheet* yang berisi produk-produk yang terbentuk diindeks sepenuhnya dari mesin *trim* ke *trim press* terpisah.

Semua bagian *thermoformed* harus dipotong dari lembaran yang terbentuk. Ini bisa sangat sederhana, atau sangat rumit membutuhkan laser. Metode *trimming* yang akan digunakan tergantung pada banyak faktor diantaranya:

1. Jenis Bahan - beberapa material keras dan rapuh sementara yang lain lunak dan tangguh.
2. Ketebalan dan Variasi Bahan
3. Kompleksitas Bagian
4. Toleransi Dimensi
5. Persyaratan Tertentu
6. Operasi Lain

Menurut Klein (2009) *trimming* dapat dibagi menjadi beberapa kategori, 2 diantaranya yaitu proses *sheering* dan *chip*. Pada kategori *sheering*, tidak ada material yang hilang dan penjumlahan bagian-bagiannya sama dengan keseluruhan. Misalnya, memotong kertas dengan gunting adalah proses *sheering* karena tidak ada kertas yang hilang dalam prosesnya. Proses *sheering* sangat bersih dan tidak membuat debu atau *chip*. Sedangkan proses *chip*, ada hilangnya material dalam bentuk partikel debu, untaian, chip atau uap dalam kasus menggunakan laser.

## 2.8 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai pengendalian kualitas plastik menggunakan proses *thermoforming* telah banyak dilakukan. Berikut ini merupakan beberapa penelitian yang membahas mengenai pengendalian kualitas proses *thermoforming*.

Tabel 2. 5 Penelitian Terdahulu

Penulis	Tahun	Judul	Deskripsi	Metode dan <i>Tools</i>
Jalham, Issam S	2005	<i>Process Control and Quality Improvement of Plug - assist Thermoforming Process: a Case Study</i>	Penelitian dilakukan berfokus untuk mengurangi cacat akibat distribusi panas yang tidak merata setelah proses <i>preheating</i> . Rekomendasi yang diberikan yaitu mengubah desain sistem <i>heating</i> dengan menambah kipas untuk mengatasi permasalahan distribusi panas dan menentukan suhu optimum <i>plug assist</i> .	<i>Control chart, Thermo-mechanical approach (TMA)</i>
Arianto, Basuki Prima, Fajar	2013	Pengendalian Kualitas Produk <i>Inner Box</i> pada Proses <i>Thermoforming</i> PT. SI menggunakan <i>Statistical Process Control</i>	Berfokus untuk mengurangi <i>defect spot</i> , tipis, dan kurang bentuk pada produk <i>inner box</i> . Rekomendasi perbaikan yang diberikan yaitu pembaharuan SOP dan modifikasi mesin.	<i>Control chart, cause and effect diagram</i>



Tabel 2. 5 Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

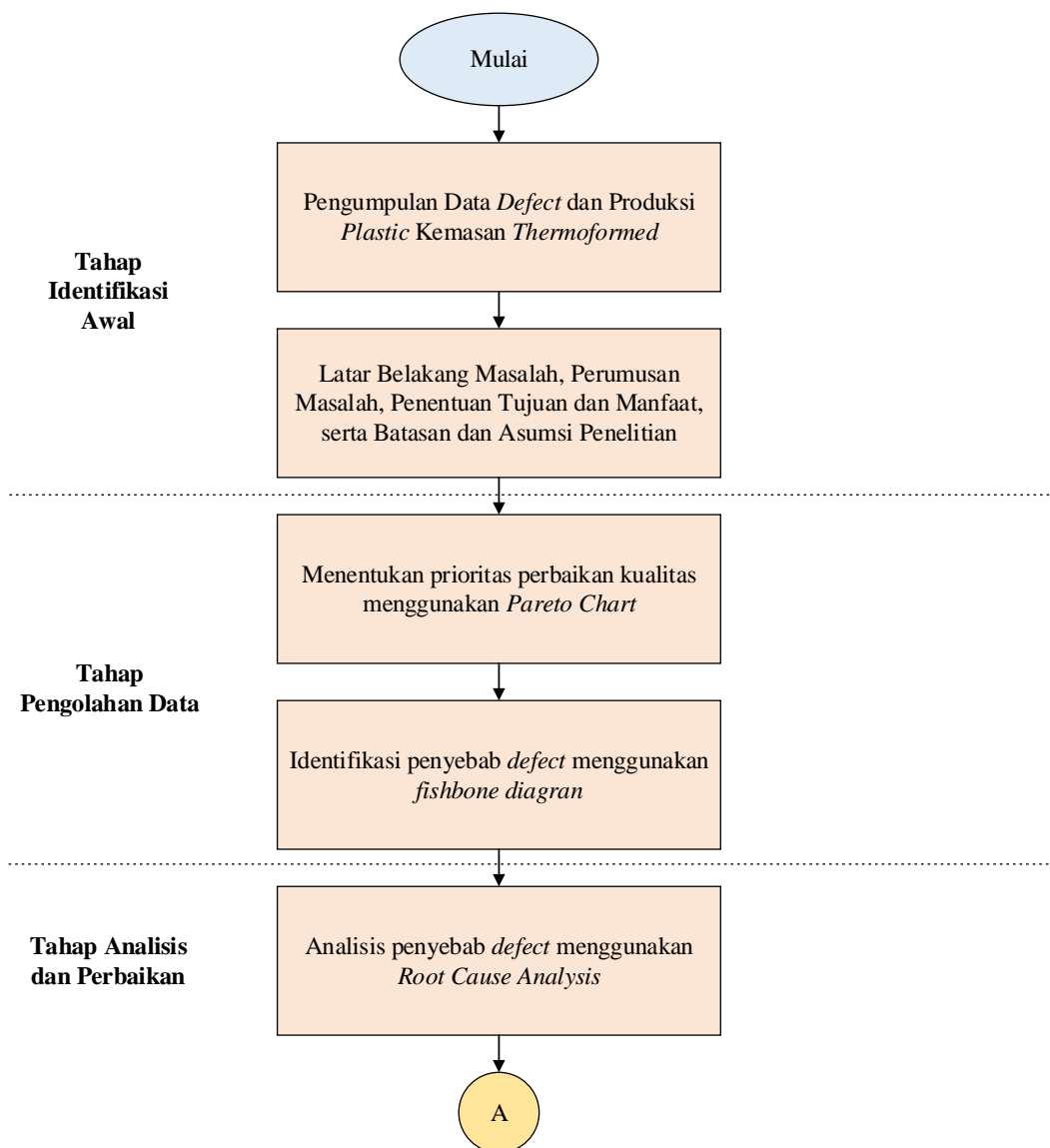
Penulis	Tahun	Judul	Deskripsi	Metode dan <i>Tools</i>
Wijayanti, Annisa Muis, Rudijanto	2014	Analisis Peningkatan Kualitas Menggunakan Metode DMAIC Di PT. JLP Plastik	Berfokus pada peningkatan kualitas cup minuman di PT JLP Plastik dengan menganalisis cacat sumbing, cacat <i>scrap</i> , dan cacat <i>bottom</i> . Rekomendasi yang diberikan yaitu pembuatan SOP operator, <i>maintenance</i> suhu mesin, dan memeriksa komponen mesin secara rutin.	<i>Six Sigma</i> , FTA, FMEA
Jamil, M S Khalid, R Zulqarnain, A Salman, M	2018	<i>Improving Thermoform Productivity: Case Of Design-Of-Experiment</i>	Penelitian bertujuan untuk meningkatkan produktivitas proses <i>thermoforming</i> dengan menerapkan metodologi <i>six sigma</i> dan <i>design of experiment</i> untuk mengidentifikasi faktor kritis yang mempengaruhi produktivitas proses dan menentukan konfigurasi optimal.	<i>Six sigma</i> , DOE, <i>Response Optimization</i>
Dewi, Nur Annisa K	2019	Perbaikan Kualitas Proses <i>Thermoforming Round Driking Cups</i> menggunakan FMEA	Berfokus pada mengurangi <i>defect</i> diameter tidak standar dan melepot pada proses <i>thermoforming round drinking cups</i> . <i>Defect</i> tersebut disebabkan permasalahan pada <i>valve forming</i> .	<i>Pareto Chart</i> , 5 <i>Whys</i> , FMEA

Halaman ini sengaja dikosongkan

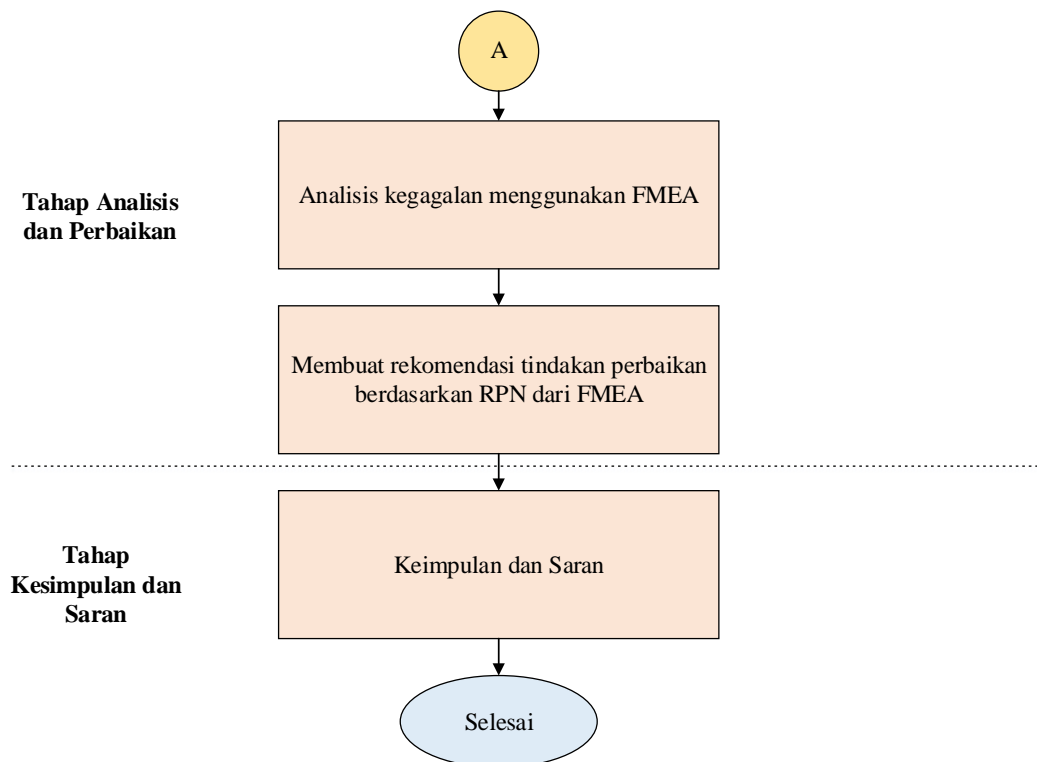
### BAB 3

## METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai metodologi penelitian yang merupakan tahapan-tahapan yang dilakukan selama penelitian. Tahapan ini disusun secara sistematis sesuai dengan tujuan penelitian. Berikut ini merupakan *flow chart* metodologi penelitian yang digunakan.



Gambar 3. 1 *Flowchart* Metodologi Penelitian



Gambar 3. 1 *Flowchart* Metodologi Penelitian (Lanjutan)

### 3.1 Tahap Identifikasi Awal

Tahap identifikasi awal merupakan tahap pertama yang dilakukan pada pelaksanaan penelitian. Tahapan ini meliputi beberapa aktivitas diantaranya:

#### 3.1.1 *Pengumpulan Data Defect dan Produksi Plastik Kemasan Thermoformed*

Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh data dan informasi yang dibutuhkan terkait dengan penelitian yang dilakukan. Data yang dikumpulkan yaitu mengenai *defect* dan produksi plastik kemasan *thermoformed*. Data yang dikumpulkan dapat berupa data langsung hasil pengamatan, data hasil wawancara, serta data laporan perusahaan.

#### 3.1.2 *Identifikasi Permasalahan*

Berdasarkan pengumpulan data *defect* dan produksi plastik kemasan *thermoformed* dapat diketahui permasalahan yang terdapat di perusahaan, langkah selanjutnya yaitu identifikasi permasalahan. Identifikasi permasalahan meliputi latar belakang masalah, perumusan masalah, penentuan tujuan dan manfaat, serta penentuan batasan dan asumsi penelitian. Latar belakang masalah berisi mengenai

gejala, masalah, serta penentuan metode yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Dari latar belakang dapat dilakukan perumusan masalah yang akan diselesaikan. Selanjutnya yaitu menentukan tujuan yang ingin dicapai serta manfaat penelitian yang akan diperoleh dari penelitian ini. Penentuan batasan dan asumsi diperlukan untuk membatasi kompleksitas ruang lingkup penelitian.

### **3.2 Tahap Pengolahan Data**

Tahap berikutnya yaitu tahap pengolahan data yang terdiri dari beberapa aktivitas antara lain:

1. Pemilihan prioritas perbaikan kualitas menggunakan *pareto chart*. Jenis *defect* yang ada akan diurutkan berdasarkan jumlah *defect* yang banyak terjadi untuk mengetahui prioritas *defect* yang kritis untuk diperbaiki.
2. Identifikasi penyebab *defect* menggunakan *fishbone diagram*.

### **3.3 Tahap Analisis dan Perbaikan**

Setelah dilakukan pengumpulan dan pengolahan data, langkah selanjutnya yaitu melakukan analisis dan memberikan rekomendasi perbaikan untuk perusahaan. Tahap ini meliputi:

1. Melakukan analisis terhadap penyebab terjadinya *defect* pada produk menggunakan *Root Cause Analysis* (RCA)
2. Melakukan analisis terjadinya kegagalan (*defect*) menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA).

Terdapat berbagai metode untuk lakukan penilaian risiko diantaranya yaitu metode kualitatif, metode kuantitatif, dan metode komprehensif. Metode kualitatif contohnya yaitu *expert judgement*, *what if / then*, dan *failure mode effect analysis*. Metode kualitatif memiliki beberapa kelebihan yaitu mudah dimengerti dan dilakukan, mudah diterapkan serta menghemat waktu dan biaya, sedangkan kekurangannya yaitu subjektif dan kurangnya kejelasan diferensiasi risiko. Selanjutnya, metode kuantitatif contohnya yaitu *monte carlo*, *fuzzy evaluation*, dan *fault tree analysis*. Metode kuantitatif memiliki beberapa keuntungan yaitu dapat diaplikasikan secara luas, berdasarkan metode objektif, dan hasilnya relatif akurat.

Kekurangan metode kuantitatif diantaranya prosesnya panjang dan kompleks, terkadang data tidak tersedia dan mengandalkan metode matematika. Dan untuk metode komprehensif contohnya yaitu *fuzzy-AHP*, *delphi-AHP*, dan *entropy-TOPSIS*, kelebihan metode ini yaitu merupakan kombinasi antara metode subjektif dan objektif serta memiliki akurasi yang tinggi. Kekurangan dari metode komprehensif yaitu lebih kompleks, sulit untuk diimplementasikan, dan membutuhkan lebih banyak data (Li *et al.*, 2016).

Berdasarkan kelebihan dan kekurangan berbagai metode penilaian risiko yang ada serta dengan melihat praktiknya dimana PT PPA belum pernah melakukan penilaian risiko untuk menganalisis permasalahan yang ada pada proses produksinya, dan dengan mempertimbangkan ketersediaan data yang ada, maka dipilih metode kualitatif FMEA. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dilakukan untuk menentukan solusi permasalahan karena fokus perusahaan saat ini *problem fixing* yaitu fokus pada masalah, apabila tidak terdapat masalah pada produk yang dihasilkan maka tidak dilakukan tindakan apapun. FMEA digunakan karena FMEA fokus ke pencegahan terjadinya masalah. Untuk dapat melakukan tindakan pencegahan yang tepat maka harus diketahui bagaimana masalah bisa terjadi dan apa yang menyebabkan permasalahan tersebut. FMEA juga membantu mendefinisikan dan mengidentifikasi potensial kegagalan dari suatu proses yang bertujuan untuk mengurangi atau menghilangkan risiko kegagalan tersebut. Setelah dilakukan identifikasi kemungkinan mode kegagalan, menentukan efek dan tingkat keparahan kegagalan, identifikasi penyebab dan probabilitas terjadinya kegagalan, serta dilakukan identifikasi kontrol dan efektivitasnya kemudian dapat dilakukan pengukuran dan penentuan prioritas risiko terkait mode kegagalan. Dari prioritas tersebut dikembangkan dan dirumuskan tindakan yang akan diterapkan untuk mengurangi risiko, sehingga pada akhirnya FMEA membantu mencegah masalah, bukan bereaksi terhadapnya.

3. Memberikan rekomendasi tindakan perbaikan berdasarkan nilai RPN dari FMEA.

### **3.4 Tahap Kesimpulan dan Saran**

Pada tahap ini akan dilakukan penarikan kesimpulan dari penelitian yang menjawab tujuan yang telah ditentukan. Kesimpulan didapatkan melalui serangkaian tahapan penelitian yang dilakukan, sedangkan saran dibuat untuk memperbaiki penelitian selanjutnya.

Halaman ini sengaja dikosongkan



## BAB 4

### PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini akan dibahas mengenai pengumpulan dan pengolahan data. Data yang dikumpulkan meliputi profil perusahaan, proses produksi, data *defect* pada proses *thermoforming round drinking cups*.

#### 4.1 Gambaran Umum Perusahaan

Perusahaan Plastik Amatan (PPA) merupakan perusahaan yang memproduksi plastik kemasan *thermoformed* yang dirancang khusus untuk makanan dan minuman dingin. Jenis produk yang dihasilkan antara lain *drinking cups*, *cups lids*, *snack cups*, *seal cups*, *trays & lids*, dan *sundae cup*. Tiap produk tersebut terdiri dari beberapa tipe yang memiliki spesifikasi diameter, tinggi, ketebalan, maupun volume yang berbeda. Berikut ini merupakan produk-produk yang diproduksi oleh PT PPA:



Gambar 4. 1 *Round Drinking Cups* (PT PPA, 2018)



Gambar 4. 2 *Cups Lids* (PT PPA, 2018)



Gambar 4. 3 *Snack Cups* (PT PPA, 2018)



Gambar 4. 4 *Seal Cups* (PT PPA, 2018)



Gambar 4. 5 *Trays and Lids* (PT PPA, 2018)

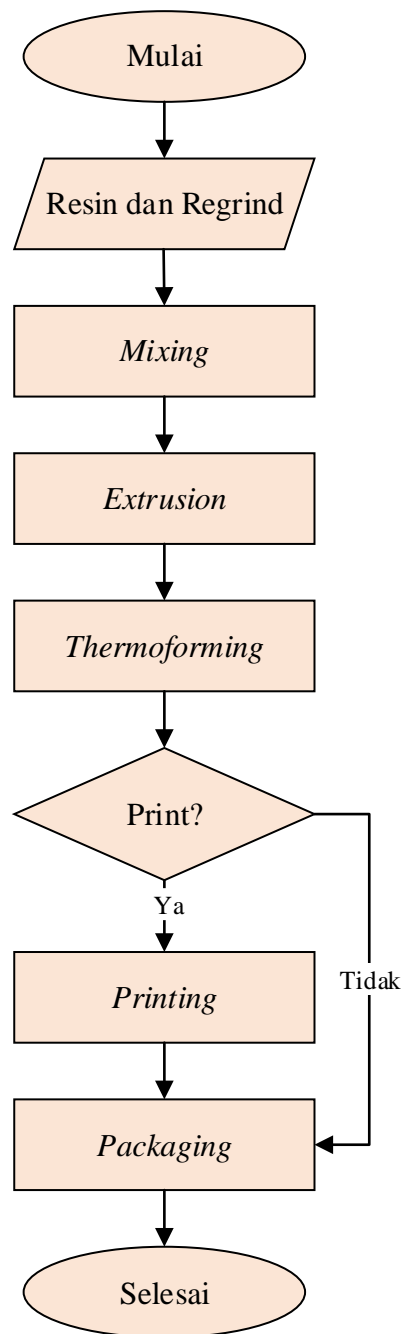


Gambar 4. 6 *Sundae Cup* (PT PPA, 2018)

Sistem perencanaan produksi pada PT PPA menggunakan sistem *make to order* dan *make to stock*. Sistem perencanaan produksi *make to stock* hanya untuk produk yang dipesan oleh pelanggan tetap PT PPA dengan jumlah permintaan dan *lead time* yang tetap. Salah satu keunggulan produk di PT PPA yaitu produk dapat diberikan *brand / edit customize design* dan *embossing* berdasarkan permintaan *customer*.

## 4.2 Proses Produksi

Berikut ini merupakan *flowchart* proses produksi plastik kemasan *thermoformed* di PT PPA:



Gambar 4. 7 *Flowchart* Proses Produksi Plastik Kemasan *Thermoformed*

Berdasarkan Gambar 4.7 dapat diketahui alur proses produksi plastik kemasan *thermoformed* di PT PPA. Berikut ini merupakan penjelasan secara detail alur produksi tersebut:

1. *Input* bahan baku yang digunakan untuk memproduksi plastik kemasan *thermoformed* yaitu resin dan *regrind*. Resin yang digunakan merupakan

bijih plastik PET, dan *regrind* merupakan cacahan *waste sheet* plastik dan dari produk *defect*.

2. Proses *mixing* yaitu pencampuran resin dan *regrind* dengan komposisi perbandingan tertentu bergantung pada jenis produk yang akan diproduksi. Resin dan *regrind* tersebut dimasukkan ke mesin *mixer* untuk mencampurkannya secara merata. Setelah itu resin dan *regrind* yang sudah tercampur disimpan di *WIP storage*. Dari *WIP storage* campuran resin dan *regrind* disedot dan dialirkan melalui pipa ke *hopper* di mesin *extrusion*.
3. Proses *extrusion* yaitu proses untuk memproduksi *sheet* plastik dengan ketebalan tertentu. Proses *extrusion* terdiri dari beberapa proses yaitu pendidihan, *rolling*, *cutting*, pelapisan silikon, dan *rewinding*. *Raw material* yaitu resin dan *regrind* masuk melalui *hopper* didorong oleh *screw* menuju ke mulut silinder dimana pada dinding silinder diberi *heater* (pemanas) sehingga campuran resin dan *regrind* akan meleleh sehingga dapat dibentuk menjadi lembaran (*sheet*). *Sheet* melalui proses *rolling* akan memiliki ketebalan sesuai yang diinginkan, selanjutnya *sheet* tersebut akan dipotong bagian pinggirnya sehingga didapat *sheet* dengan lebar sesuai spesifikasi yang diinginkan. Selanjutnya *sheet* tersebut dilapisi silikon agar tidak lengket pada saat digulung (*rewinding*). *Output* dari proses *extrusion* berupa gulungan *sheet* plastik yang siap untuk proses selanjutnya yaitu *thermoforming*. Akan tetapi *sheet* yang dihasilkan tidak langsung digunakan untuk proses *thermoforming*, melainkan disimpan terlebih dahulu dan baru di proses sesuai jadwal yang telah ditetapkan.
4. Proses *thermoforming* terdiri dari proses *heating*, *forming*, dan *trimming*. Inputan proses *thermoforming* yaitu *sheet* plastik yang memiliki ketebalan tertentu. *Sheet* tersebut dipanasi kemudian direntangkan dan diikuti pembentukan dengan cara pengisapan atau penekanan ke rongga *mould*. Pendinginan dimulai segera ketika *sheet* menyentuh permukaan cetakan. Selanjutnya yaitu proses *trimming*, yaitu bagian pinggir produk dipotong dari *sheet* setelah proses *forming*. *Output* dari proses ini berupa produk jadi, sebagian produk akan dilanjutkan ke proses *printing* apabila terdapat

permintaan *print* label dsb dari *customer*, dan sebagian lagi langsung ke proses *packaging*.

5. *Printing* yaitu proses pencetakan ornamen pada produk, biasanya dicetak dengan logo perusahaan *customer* pemesan. Tidak semua produk PT PPA melalui proses *print*, hanya produk *round drinking cups*, *seal cups*, dan *snack cups* tertentu sesuai dengan pesanan *customer*. Setelah proses *printing* kemudian dilanjutkan ke proses *packaging*.
6. *Packaging* yaitu proses pengemasan plastik kemasan *thermoformed* ke dalam karton *box*.

#### **4.3 Defect pada Proses Thermoforming Round Drinking Cups**

*Round drinking cups* merupakan objek yang diteliti pada penelitian ini. Pada *round drinking cups* yang diproduksi di divisi *thermoforming* masih terdapat banyak jenis *defect*. Dengan adanya *defect* maka akan mempengaruhi tingkat kualitas produk yang dihasilkan. Pada sub bab ini dilakukan identifikasi jenis-jenis *defect* yang terjadi pada proses *thermoforming round drinking cups* yaitu sebagai berikut.

1. Meleyot

*Defect* ini berupa bagian bibir gelas yang bergelombang. Bibir gelas yang bergelombang dapat menyebabkan kebocoran minuman pada saat gelas digunakan.

2. Diameter Tidak Standar

*Defect* ini merupakan *defect* dimana diameter yang dihasilkan oleh proses *thermoforming* tidak sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh perusahaan. Ketidaksesuaian ini bisa diameter lebih besar maupun lebih kecil dari standar yang telah ditentukan. Pengecekan diameter ini menggunakan *ring gauge*.

3. Berminyak

*Defect* ini ditandai dengan bagian dinding gelas yang licin. *Defect* ini akan menyebabkan tinta sulit menempel dan pewarnaan menjadi tidak merata pada proses *print*.

4. DOT

*Defect* ini berupa titik yang terdapat pada bagian *round drinking cups*.

5. Rim Roll Kotor

*Defect rim roll* kotor yaitu pada bagian *rim roll* terdapat potongan serabut-serabut yang menempel.

6. Rim Roll Serabut

*Defect* ini dapat dilihat secara visual yaitu adanya serabut pada bagian *rim roll*.

7. Tipis

*Defect* ini merupakan *defect* dimana ketebalan gelas jauh dibawah spesifikasi yang ditentukan. Cara mengeceknya dengan menekan dan memampatkan sisi badan gelas, apabila terlalu tipis gelas akan pecah saat dilakukan pengecekan. Cara lain yang dilakukan yaitu dengan memotong gelas dan mengukur ketebalannya secara manual.

#### 4.3.1 Pengumpulan Data Defect

Berikut ini merupakan data *defect* pada proses *thermoforming round drinking cups*.

Tabel 4. 1 Data Defect Proses Thermoforming Round Drinking Cups

No	Tanggal	Jenis Defect	Jumlah
1	12-Jul	Meleyot	19200
2	13-Jul	Meleyot	4000
3	14-Jul	Meleyot	60000
4	15-Jul	Meleyot	100000
5	17-Jul	Meleyot	30000
6	20-Jul	Diameter Tidak Standar	73500
7	20-Jul	Meleyot	9000
8	21-Jul	Diameter Tidak Standar	11000
9	22-Jul	Diameter Tidak Standar	10500
10	23-Jul	Diameter Tidak Standar	31500
11	24-Jul	Diameter Tidak Standar	30000
12	25-Jul	Diameter Tidak Standar	16500
13	25-Jul	Meleyot	15000
14	27-Jul	Diameter Tidak Standar	155600

Sumber: PT PPA, 2018

Tabel 4. 1 Data *Defect* Proses *Thermoforming Round Drinking Cups* (Lanjutan)

No	Tanggal	Jenis <i>Defect</i>	Jumlah
15	27-Jul	Meleyot	101000
16	28-Jul	Meleyot	15.000
17	31-Jul	Meleyot	81600
18	01-Aug	Meleyot	57600
19	02-Aug	Meleyot	20000
20	05-Aug	Meleyot	12000
21	06-Aug	Cup Berminyak	56000
22	06-Aug	Dot	40000
23	06-Aug	Meleyot	10400
24	07-Aug	Dot	6400
25	07-Aug	Meleyot	112000
26	08-Aug	Diameter Tidak Standar	461200
27	08-Aug	Meleyot	1500
28	08-Aug	Meleyot	20000
29	09-Aug	Diameter Tidak Standar	22000
30	09-Aug	Meleyot	112000
31	11-Aug	Rim Roll Kotor	59200
32	14-Aug	Meleyot	30000
33	15-Aug	Diameter Tidak Standar	8000
34	15-Aug	Meleyot	22000
35	21-Aug	Meleyot	9000
36	22-Aug	Diameter Tidak Standar	491000
37	22-Aug	Meleyot	331000
38	28-Aug	Diameter Tidak Standar	27500
39	28-Aug	Meleyot	13000
40	29-Aug	Diameter Tidak Standar	22000
41	5-Sep	Tipis	10000
42	20-Sep	Diameter Tidak Standar	4500
43	20-Sep	Meleyot	35500
44	21-Sep	Diameter Tidak Standar	27000
45	21-Sep	Meleyot	49500
46	21-Sep	Tipis	20000
47	22-Sep	Diameter Tidak Standar	31000
48	24-Sep	Rimroll Serabut	12800

Sumber: PT PPA, 2018

#### 4.3.2 Penentuan Defect yang Akan Diteliti dengan Pareto Chart

Berdasarkan jenis-jenis *defect* pada produk *round drinking cups* yang telah diidentifikasi pada sub bab sebelumnya, selanjutnya dilakukan penentuan *defect* mana yang akan dipilih menjadi prioritas yang akan dibahas lebih lanjut pada penelitian kali ini. Berikut merupakan rekap perhitungan jumlah *defect* pada *round drinking cups* di proses *thermoforming* berdasarkan jenisnya.

Tabel 4. 2 Rekap Perhitungan Jumlah Tiap Jenis Defect

No	Jenis Defect	Jumlah
1	Meleyot	1270300
2	Diameter Tidak Standar	1422800
3	Cup Berminyak	56000
4	DOT	46400
5	<i>Rim Roll</i> Kotor	59200
6	<i>Rim Roll</i> Serabut	12800
7	Tipis	30000

Sumber: PT PPA, 2018

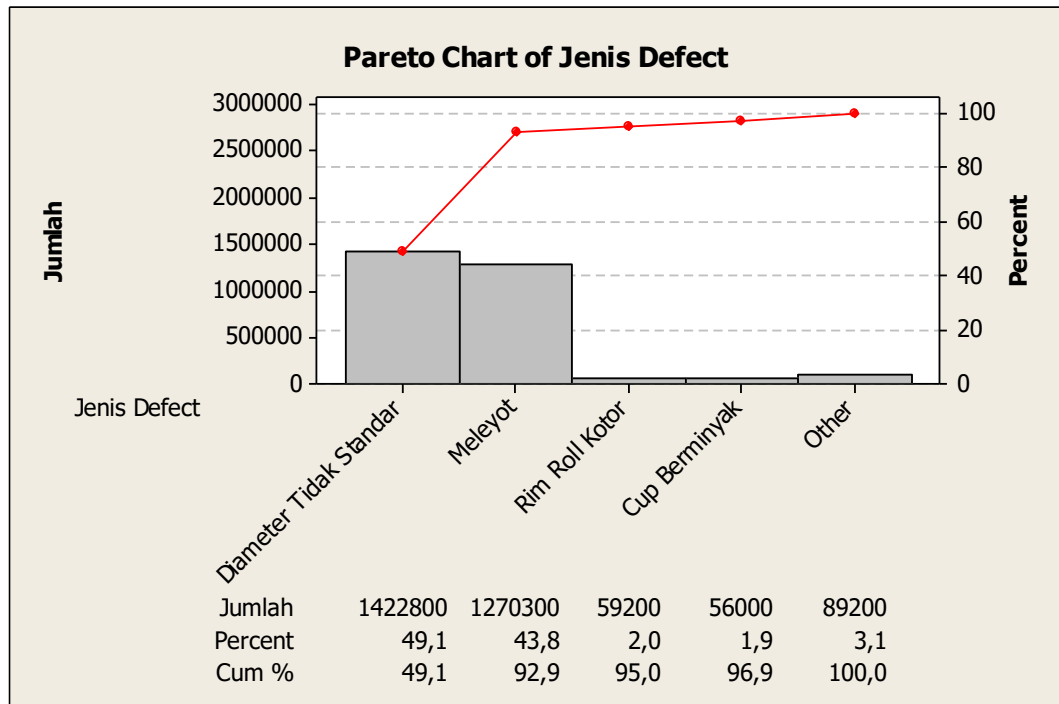
Selanjutnya, jenis *defect* yang ada dibuat persentase dan diurutkan berdasar jumlah *defect* yang paling banyak terjadi untuk mengetahui prioritas *defect* yang akan diperbaiki. Berikut ini merupakan perhitungan *pareto chart* pada proses *thermoforming round drinking cups*.

Tabel 4. 3 Perhitungan Pareto Chart Jenis Defect

No	Jenis Defect	Jumlah	Persentase	Kumulatif
1	Diameter Tidak Standar	1422800	49,10%	49,10%
2	Meleyot	1270300	43,84%	92,95%
3	<i>Rim Roll</i> Kotor	59200	2,04%	94,99%
4	Cup Berminyak	56000	1,93%	96,92%
5	DOT	46400	1,60%	98,52%
6	Tipis	30000	1,04%	99,56%
7	<i>Rim Roll</i> Serabut	12800	0,44%	100,00%
Total		2897500	100,00%	



Berdasarkan perhitungan yang dilakukan, berikut merupakan *pareto chart* jenis *defect*.



Gambar 4. 8 Pareto Chart Jenis *Defect*

Berdasarkan Gambar 4.8 dapat diketahui jenis *defect* apa saja yang akan dianalisis lebih lanjut pada penelitian ini. Sesuai dengan prinsip *pareto chart*, maka terdapat dua jenis prioritas *defect* yang dijadikan fokus *improvement* pada proses *thermoforming round drinking cups*. Kedua jenis *defect* tersebut yaitu *defect* diameter tidak standar yang memiliki persentase sebesar 49,1% dan *defect* meleyot dengan persentase sebesar 43,8%.

Halaman ini sengaja dikosongkan

## **BAB 5**

### **ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini akan dilakukan analisis terhadap hasil pengolahan data yang telah dilakukan. Selain itu dijelaskan mengenai perbaikan dimana terdapat rekomendasi perbaikan.

#### **5.1 Penentuan Penyebab-penyebab Defect**

Berdasarkan *pareto chart* didapatkan hasil *defect* yang menjadi prioritas perbaikan yaitu pada *defect* diameter tidak standar dan meleyot. Terdapat banyak faktor yang mungkin menyebabkan terjadinya *defect* tersebut. Secara umum faktor tersebut dibagi ke dalam beberapa kategori diantaranya *man*, *machine*, *method*, *material*, dan *environment*. Kategori-kategori tersebut digunakan dalam *cause and effect diagram* atau yang biasa disebut juga dengan *fishbone diagram*. *Cause and effect diagram* merupakan *tools* yang digunakan membantu mengidentifikasi penyebab potensial suatu masalah. Diagram ini menggambarkan hubungan antara masalah dengan semua faktor penyebab yang mempengaruhi masalah tersebut. Untuk setiap *defect* akan dibuat masing-masing *fishbone diagram*nya. Adapun *fishbone diagram* ini dibuat berdasarkan hasil diskusi dengan manajer produksi juga bertanya pada operator yang mengoperasikan mesin *thermoforming*.

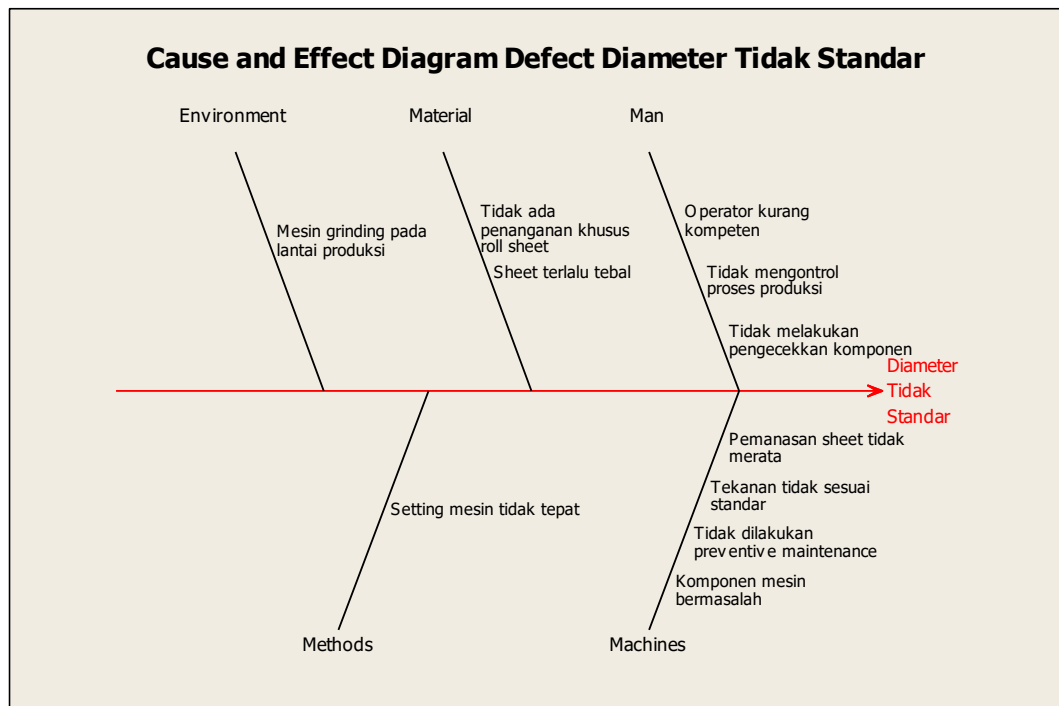
Material yang digunakan untuk *input* proses *thermoforming* yaitu *sheet* sudah melewati inspeksi setelah proses *extrusion* sehingga *sheet* yang digunakan dapat dikatakan sudah sesuai standar. Namun terkadang masih terdapat *sheet* berukuran tidak sesuai standar yaitu terlalu tebal dapat berpotensi menyebabkan *defect* diameter tidak standar. Untuk faktor *environment*, meskipun mesin *grinding* berada satu tempat dengan rantai produksi namun mesin tersebut tertutup dan material hasil *grinding* langsung di *vacuum* dan dikemas ke dalam karung sehingga tidak terdapat debu maupun material yang mencemari rantai produksi. Rantai produksi juga sudah dilengkapi dengan fasilitas sirkulasi udara yang baik sehingga suhu maupun kelembaban sudah disesuaikan dengan standar yang ada. Kebersihan rantai produksi juga benar-benar dijaga sehingga sangat meminimalisasi adanya partikel maupun debu yang mungkin mencemari *sheet* saat proses produksi.

Dari faktor *method*, faktor yang menyebabkan *defect* yaitu *setting* yang tidak sesuai. *Setting* tersebut terkait suhu *heater*, *mold*, *plug assist*, tekanan *forming*, *downkeeper*, dan sebagainya. Sebenarnya aturan *setting* tersebut sudah ada, namun pada praktiknya di lapangan masih sering terjadi ketidaksesuaian, hal tersebut dapat disebabkan karena ada permasalahan pada mesin baik itu komponen maupun *tool*.

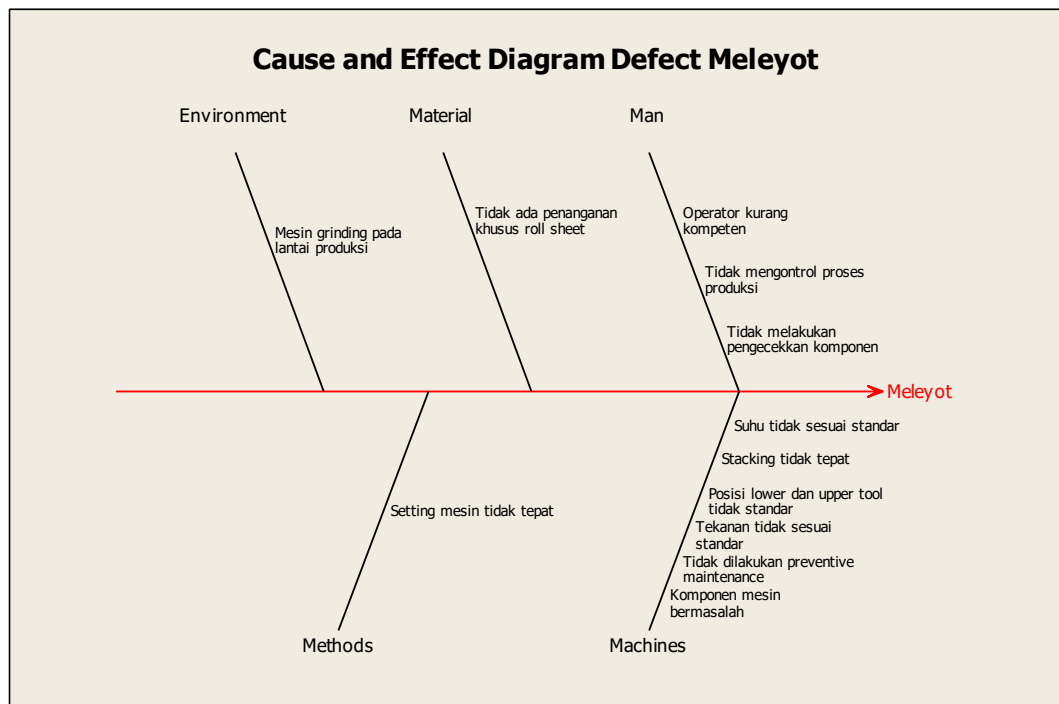
Dari faktor *man*, penyebab potensial terjadinya *defect* antara lain yaitu operator kurang kompeten, operator tidak mengontrol proses produksi, dan tidak dilakukan pengecekan komponen. Operator yang kurang kompeten disebabkan pengalaman mereka yang masih sedikit dalam mengoperasikan mesin *thermoforming* sehingga apabila permasalahan tidak dapat langsung ditangani. Untuk operator yang tidak mengontrol proses produksi dan tidak melakukan pengecekan komponen mungkin disebabkan kurangnya motivasi kerja operator, sehingga operator tidak bekerja dengan maksimal. Pengontrolan proses produksi dan pengecekan komponen penting untuk mengetahui adanya variasi pada proses maupun permasalahan pada komponen.

Untuk faktor mesin, penyebab potensial *defect* diameter tidak standar antara lain pemanasan *sheet* tidak rata, tekanan tidak sesuai standar, tidak dilakukan *preventive maintenance*, dan komponen mesin bermasalah. Sedangkan penyebab potensial *defect* meleyot antara lain suhu tidak sesuai standar, *stacking* tidak tepat, posisi *lower* dan *upper tool* tidak standar, tekanan tidak sesuai standar, tidak dilakukan *preventive maintenance*, dan komponen mesin bermasalah. Suhu dan tekanan merupakan faktor penting yang mempengaruhi proses *forming* sehingga apabila suhu dan tekanan yang digunakan tidak sesuai standar akan berpengaruh terhadap komponen yang dihasilkan. *Preventive maintenance* sudah dijadwalkan dengan standar yaitu maksimal dilaksanakan selama 8 jam tiap bulannya, namun pada praktiknya *preventive maintenance* tidak teratur, hal ini disebabkan karena komponen mesin sering bermasalah dan waktu perbaikan komponen tersebut cukup lama sehingga untuk tetap memenuhi jadwal produksi *preventive maintenance* terkadang tidak dilakukan karena dilakukan *corrective maintenance*.

Berikut merupakan *fishbone diagram* yang menunjukkan beberapa potensi penyebab terjadinya *defect* diameter tidak standar dan meleyot.



Gambar 5. 1 *Cause and Effect Diagram Defect Diameter tidak standar*



Gambar 5. 2 *Cause and Effect Diagram Defect Meleyot*

## 5.2 Analisis Akar Penyebab Defect

Berdasarkan *cause and effect diagram* yang telah dibuat, kemudian dilakukan analisis lebih lanjut untuk mengetahui akar penyebab *defect* menggunakan 5 *whys analysis*. Analisis akar penyebab *defect* dilakukan berdasarkan *cause and effect diagram*, literatur dan permasalahan yang bisa terjadi pada mesin *thermoforming*. Pada literatur diketahui sebab umum mengapa terjadi *defect* pada proses *thermoforming*, dari literatur tersebut kemudian didiskusikan dengan manajer produksi dan operator yang menangani mesin *thermoforming* untuk memvalidasi teori yang ada dengan praktik yang sebenarnya di lapangan. Analisis penyebab terjadinya *defect* juga dilakukan berdasarkan *problem* yang pernah terjadi pada mesin *thermoforming* selama proses produksi kemudian dianalisis hingga mendapatkan *root cause* yang menyebabkan terjadinya *defect*.

Distribusi material yang tidak merata dapat menyebabkan terjadinya *defect* diameter tidak standar dan meleyot. Menurut Muralisrinivasan (2010), terdapat 3 kemungkinan penyebab terjadinya distribusi material yang tidak merata yaitu suhu *sheet* yang tidak merata, desain *mold* yang tidak baik, dan posisi *sheet* yang tidak standar akibat *vacuum* maupun tekanan yang tidak bekerja dengan baik saat proses *forming*. Selanjutnya dari 3 penyebab tersebut didiskusikan dengan manajer produksi dan operator mesin *thermoforming*.

Menurut pihak dari PT PPA yang menyebabkan distribusi material tidak merata yaitu suhu *sheet* yang tidak merata dan posisi *sheet* yang tidak standar akibat *vacuum* maupun tekanan yang tidak bekerja dengan baik saat proses *forming*. Sedangkan untuk desain *mold* yang tidak baik, tidak berpotensi menyebabkan *defect*, kecuali terjadi *mold* pecah, retak, dan sebagainya. Dan apabila *mold* tidak sesuai standar, maka *mold* tersebut tidak akan digunakan. Sehingga berdasarkan hasil diskusi, hanya 2 kemungkinan penyebab *defect* saja yang secara teori sesuai dengan praktik di lapangan. Suhu *sheet* yang tidak merata dapat menyebabkan distribusi material tidak merata sehingga terjadi *defect* diameter tidak standar, selanjutnya dilakukan analisis lebih lanjut hingga diketahui akar masalahnya yaitu *setting* temperatur *sheet* yang tidak tepat. Untuk kemungkinan penyebab terjadinya distribusi material tidak merata selanjutnya yaitu posisi *sheet* yang tidak standar material tidak merata yaitu suhu *sheet* yang tidak merata dan posisi *sheet* yang tidak

standar akibat *vacuum* maupun tekanan yang tidak bekerja dengan baik pada saat proses *forming* yang dapat menyebabkan *defect* diameter tidak standar dan meleyot. Posisi *sheet* yang tidak standar ini disebabkan oleh tekanan yang tidak sesuai standar baik pada *valve cylinder*, *valve plug assist*, maupun *valve forming*. Selain 2 penyebab tadi, berdasarkan praktiknya *defect* diameter tidak standar juga bisa disebabkan karena variasi ukuran ketebalan *sheet*, yaitu *sheet* terlalu tebal. Dan *plug assist* yang rusak juga dapat menyebabkan distribusi material tidak rata sehingga terjadi *defect* meleyot.

Menurut Boser (2003), terdapat beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya *defect* meleyot diantaranya desain *mold* yang tidak baik, kesalahan teknik *forming*, suhu *sheet* yang tidak tepat, *vacuum rate* yang terlalu cepat, *vacuum* yang tidak tepat, pendinginan *part* yang tidak merata, *sheet* terlalu panas. Dari kemungkinan penyebab *defect* tersebut kemudian didiskusikan penyebab mana yang pada praktiknya di lapangan menyebabkan *defect*. Berdasarkan hasil diskusi yang dilakukan, kemungkinan penyebab *defect* yang sesuai dengan yang ada pada praktiknya di lapangan yaitu suhu *sheet* tidak tepat, pendinginan *part* yang tidak merata, dan *sheet* terlalu panas. Desain *mold* yang tidak baik tidak berpotensi menyebabkan *defect* karena *mold* yang digunakan sudah sesuai dengan standar yang ditetapkan perusahaan, teknik *forming* yang dipilih juga sudah tepat, *vacuum* tidak terlalu berpengaruh karena teknik *forming* yang digunakan yaitu *pressure forming* dimana proses pembentukan paling dipengaruhi oleh tekanan yang digunakan.

Kemudian dilakukan analisis pula kemungkinan penyebab lainnya berdasarkan permasalahan yang pernah ada di mesin *thermoforming*. Dari hasil diskusi dan analisis tersebut kemudian dirumuskan 5 *whys* terjadinya *defect* pada proses *thermoforming*. Berikut merupakan analisis penyebab terjadinya *defect* diameter tidak standar dan meleyot menggunakan 5 *whys*.

Tabel 5. 1 Akar Penyebab *Defect* Proses *Thermoforming* menggunakan 5 whys

Jenis <i>Defect</i>	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
Diameter tidak standar	Material tidak terdistribusi rata	Pemanasan <i>sheet</i> tidak rata	Suhu <i>sheet</i> tidak tepat	Temperatur <i>heater</i> tidak stabil	<i>Setting temperature sheet</i> tidak tepat
		Variasi ukuran <i>sheet</i>	<i>Sheet</i> terlalu tebal		
		Tekanan tidak sesuai standar	Tekanan pneumatik tidak sesuai standar	Tidak diketahui tekanan pada pneumatik	
			Tekanan plug assist tidak sesuai standar	<i>Sensor valve cylinder</i> rusak	Tidak ada pengecekan rutin <i>valve cylinder</i> , baru terdeteksi setelah ada kerusakan
				<i>Valve plug assist</i> rusak	Tidak ada pengecekan rutin <i>valve plug assist</i> baru terdeteksi setelah ada kerusakan
			Tekanan forming tidak sesuai standar	<i>Valve forming</i> rusak	Tidak ada pengecekan rutin <i>valve forming</i> , baru terdeteksi setelah ada kerusakan
Meleyot	Posisi <i>lower</i> dan <i>upper tool</i> tidak standar	<i>Swivel</i> bermasalah	Posisi <i>swivel</i> tidak sesuai standar		
			Kabel <i>encoder</i> rusak		
		<i>Stroke table</i> bermasalah	Sensor <i>stroke table</i> rusak	Tidak ada pengecekan rutin sensor <i>stroke table</i> , baru terdeteksi setelah ada kerusakan	



Jenis Defect	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
	Cup tidak teratur saat <i>stacking</i>	Posisi <i>stacking cup</i> tidak pas	<i>Dumpper swivel</i> patah	Tidak ada pengecekan rutin <i>dumpper swivel</i> , baru terdeteksi setelah ada kerusakan	
			<i>Pusher</i> rusak	Tidak ada pengecekan rutin <i>pusher</i> , baru terdeteksi setelah ada kerusakan	
			<i>Stacking plate</i> dengan <i>swivel</i> tidak center	Baut kendur	Tidak ada pengecekan rutin baut, baru terdeteksi setelah ada kerusakan
				<i>Stacking plate</i> 1 rusak	Tidak ada pengecekan rutin <i>stacking plate</i> 1, baru terdeteksi setelah ada kerusakan
			<i>Stacking plate</i> 1 dan 2 tidak center	<i>Breaker stacking plate</i> 2 rusak	Tidak ada pengecekan rutin <i>breaker stacking plate</i> 2, baru terdeteksi setelah ada kerusakan
				<i>Chain stacking plate</i> 2 rusak	Tidak ada pengecekan rutin <i>chain stacking plate</i> , baru terdeteksi setelah ada kerusakan

Jenis Defect	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
				<i>Hinge</i> rusak	Tidak ada pengecekan rutin <i>hinge</i> , baru terdeteksi setelah ada kerusakan
	Suhu tidak sesuai standar	Pendinginan <i>part</i> tidak merata	<i>Mold</i> terlalu dingin	Sirkulasi <i>cooling</i> pada <i>tool</i> tidak sesuai	<i>Setting</i> temperatur <i>tool</i> tidak tepat
		Suhu <i>sheet</i> tidak tepat	Suhu <i>heater</i> tidak dapat diketahui	<i>Cable thermocouple</i> putus/ <i>heater</i> putus	
	Posisi <i>sheet</i> tidak standar	<i>Roll unwinder loose</i>	<i>Rubber in roll unwinder</i> aus	Tidak ada pengecekan rutin <i>roll rubber in roll unwinder</i> , baru terdeteksi setelah ada kerusakan	
			<i>Roll unwinder</i> rusak	Tidak ada pengecekan rutin <i>roll unwinder</i> , baru terdeteksi setelah ada kerusakan	
		<i>Sheet loose</i> dari <i>chain transport</i>	Temperatur terlalu panas	<i>Setting heater</i> tidak tepat	
			<i>Chain transport</i> rusak	<i>Chain</i> aus	Tidak ada pengecekan rutin <i>chain</i> , baru terdeteksi setelah ada kerusakan
		Tekanan <i>down keeper</i> tidak sesuai standar	<i>Valve down keeper</i> rusak	Tidak ada pengecekan rutin <i>valve down keeper</i> , baru terdeteksi setelah ada kerusakan	

Jenis Defect	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
		<i>Sheet stuck</i> pada <i>chain transport</i>	Tekanan <i>holder chain</i> kurang	<i>Holder chain</i> aus	Tidak ada pengecekan rutin <i>holder chain</i> , baru terdeteksi setelah ada kerusakan
	Material tidak terdistribusi rata	Tekanan tidak sesuai standar	Tekanan pneumatik tidak sesuai standar	Tidak diketahui tekanan pada pneumatik	
			Tekanan <i>plug assist</i> tidak sesuai standar	<i>Sensor valve cylinder</i> rusak	Tidak ada pengecekan rutin <i>valve cylinder</i> , baru terdeteksi setelah ada kerusakan
				<i>Valve plug assist</i> rusak	Tidak ada pengecekan rutin <i>valve plug assist</i> baru terdeteksi setelah ada kerusakan
			Tekanan <i>forming</i> tidak sesuai standar	<i>Valve forming</i> rusak	Tidak ada pengecekan rutin <i>valve forming</i> , baru terdeteksi setelah ada kerusakan
		<i>Plug assist</i> rusak	Tidak ada pengecekan rutin <i>plug assist</i> , baru terdeteksi setelah ada kerusakan		

Berdasarkan Tabel 5.1 dapat diketahui terdapat 29 akar permasalahan penyebab terjadinya *defect* pada proses *thermoforming*, yang terdiri dari 6 akar permasalahan penyebab terjadinya *defect* diameter tidak standar dan 23 akar permasalahan terjadinya *defect* melepot. Terlihat juga bahwa terdapat beberapa akar permasalahan yang hampir sama. Berikut ini merupakan pengelompokan akar permasalahan secara garis besar yaitu:

1. Tidak ada pengecekan rutin komponen mesin secara rutin yang dilakukan baik oleh operator maupun *engineer*. Perbaikan akan dilakukan setelah terdeteksi adanya kerusakan pada komponen mesin *thermoforming*. Adanya kerusakan baru diketahui dari *output* yang dihasilkan.
2. Suhu *heater* tidak stabil. Suhu *heater* yang tidak stabil dapat menyebabkan pemanasan *sheet* tidak merata dan suhu *sheet* menjadi tidak tepat. Hal ini dapat menyebabkan proses *forming* tidak optimal. Suhu *heater* yang tidak stabil disebabkan karena *setting temperature sheet* yang tidak tepat.
3. *Cable thermocouple* putus. *Cable thermocouple* merupakan kabel yang digunakan untuk membaca suhu *heater* dan menampilkan suhu *heater* ke monitor, apabila *cable thermocouple* putus maka suhu *heater* tidak diketahui dan dapat menyebabkan suhu *sheet* tidak tepat. Apabila suhu *heater* tidak tepat tentunya akan mempengaruhi proses pembentukan *cup* dan dapat mengakibatkan *cup* tidak terbentuk sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan. Penanganan penyebab akar masalah *cable thermocouple* putus dapat dilakukan dengan menyambung atau mengganti *cable* tersebut.
4. *Sheet* terlalu tebal. *Sheet* terlalu tebal merupakan permasalahan yang disebabkan kesalahan dimensi *sheet* yang digunakan. Apabila *sheet* yang digunakan terlalu tebal maka dapat menyebabkan distribusi material pada *cup* yang terbentuk tidak rata. Pengukuran ketebalan *sheet* perlu dilakukan sebelum *sheet* digunakan untuk proses *thermoforming* untuk menghindari *defect* diameter tidak standar.
5. Tidak diketahui tekanan pada *pneumatic*. *Pneumatic* merupakan sistem yang memanfaatkan tekanan udara sebagai tenaga penggerak. Tekanan udara ini nantinya digunakan untuk menggerakkan *cylinder* kerja pada mesin *thermoforming*. Apabila tekanan *pneumatic* tidak diketahui maka

dapat menyebabkan tekanan yang digunakan tidak sesuai dengan standar sehingga dapat mengganggu proses pembentukan *cup* sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Untuk mengatasi permasalahan ini maka dipasang *pressure gauge* untuk mengukur tekanan *pneumatic*.

6. Posisi *swivel* tidak sesuai standar. Jika posisi *swivel* tidak sesuai standar maka dapat mengakibatkan posisi *lower* dan *upper tool* tidak *center*. Hal ini dapat menyebabkan bentuk *cup* tidak sesuai dengan *mold* sehingga menyebabkan *defect* melepot.
7. Kabel *encoder* rusak. Kabel *encoder* merupakan kabel sensor yang mengatur pergerakan *swivel*. Apabila kabel *encoder* rusak maka dapat mengganggu kinerja *swivel*, apabila kabel *encoder* bermasalah maka mesin akan secara otomatis berhenti.
8. *Setting* temperatur *tool* tidak tepat. *Setting* temperatur merupakan pengaturan temperatur pada *tool* yang digunakan pada proses *thermoforming* seperti *mold*, *plug assist* dan sebagainya. Apabila *setting* temperatur *tool* terlalu rendah *sheet* akan langsung dingin ketika menyentuh *mold* sebelum bentuk yang diinginkan terbentuk secara sempurna, selain itu bisa pula karena *sheet* langsung dingin ketika menyentuh *mold* maka *sheet* akan tebal di bagian atas dan tipis di bagian bawah sehingga distribusi material menjadi tidak rata.
9. *Setting heater* tidak tepat. Apabila *setting* temperature *heater* terlalu panas, memungkinkan *sheet* *loose* dari *chain transport*, karena plastik akan meleleh karena suhu yang terlalu panas.

### **5.3 Efisiensi Mesin *Thermoforming***

Berdasarkan analisis 5 *whys*, *defect* yang ada disebabkan oleh permasalahan pada komponen-komponen mesin. Untuk itu dilakukan penghitungan efisiensi mesin untuk melihat bagaimana kinerja mesin terhadap standar yang ditetapkan perusahaan. Berikut merupakan pengolahan data efisiensi mesin *thermoforming*.

#### **5.3.1 Pengumpulan dan Pengolahan Data Efisiensi Mesin *Thermoforming***

Berikut ini diberikan contoh perhitungan efisiensi mesin *thermoforming*.

1. Menghitung *effective hours*

$$\text{Effective working hours} = \text{Total hours} - \text{Planned downtime}$$

$$\begin{aligned}\text{Effective working hours} &= 1440 - 60 \\ &= 1380\end{aligned}$$

2. Menghitung efisiensi

$$\text{Efisiensi}(\%) = \frac{\text{Commercial Hours}}{\text{Effective Working Time}} \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi}(\%) = \frac{798}{1380} \times 100\% = 57,83\%$$

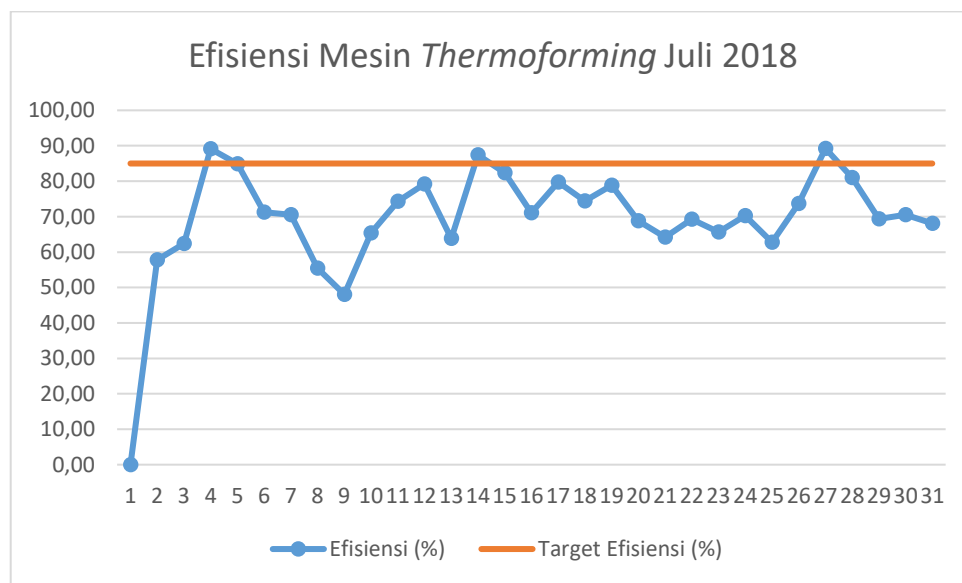
Berikut merupakan data perhitungan efisiensi mesin *thermoforming* bulan Juli-September 2018.

Tabel 5. 2 Data Efisiensi Mesin *Thermoforming* Juli 2018

<i>Date</i>	<i>Comm Hours (Minutes)</i>	<i>Total Unplanned Downtime (Minutes)</i>	<i>Total Planned Downtime (Minutes)</i>	<i>Effective Working Time</i>	<i>Total</i>	Efisiensi (%)
1	0	0	0	0	0	0,00
2	798	582	60	1380	1440	57,83
3	899	541	0	1440	1440	62,43
4	1199	146	95	1345	1440	89,14
5	1142	203	95	1345	1440	84,91
6	812	328	300	1140	1440	71,23
7	1015	425	0	1440	1440	70,49
8	799	641	0	1440	1440	55,49
9	692	748	0	1440	1440	48,06
10	941	499	0	1440	1440	65,35
11	1070	370	0	1440	1440	74,31
12	1140	300	0	1440	1440	79,17
13	886	501	53	1387	1440	63,88
14	1171	169	100	1340	1440	87,39
15	1186	254	0	1440	1440	82,36
16	1024	416	0	1440	1440	71,11
17	1100	280	60	1380	1440	79,71
18	1049	361	30	1410	1440	74,40
19	1135	305	0	1440	1440	78,82
20	991	449	0	1440	1440	68,82

Tabel 5. 2 Data Efisiensi Mesin *Thermoforming* Juli 2018 (Lanjutan)

<i>Date</i>	<i>Comm Hours (Minutes)</i>	<i>Total Unplanned Downtime (Minutes)</i>	<i>Total Planned Downtime (Minutes)</i>	<i>Effective Working Time</i>	<i>Total</i>	Efisiensi (%)
21	925	515	0	1440	1440	64,24
22	998	442	0	1440	1440	69,31
23	946	494	0	1440	1440	65,69
24	962	408	70	1370	1440	70,22
25	904	536	0	1440	1440	62,78
26	1061	379	0	1440	1440	73,68
27	1285	155	0	1440	1440	89,24
28	1166	274	0	1440	1440	80,97
29	999	441	0	1440	1440	69,38
30	973	407	60	1380	1440	70,51
31	980	460	0	1440	1440	68,06



Gambar 5. 3 Grafik Efisiensi Mesin *Thermoforming* Juli 2018

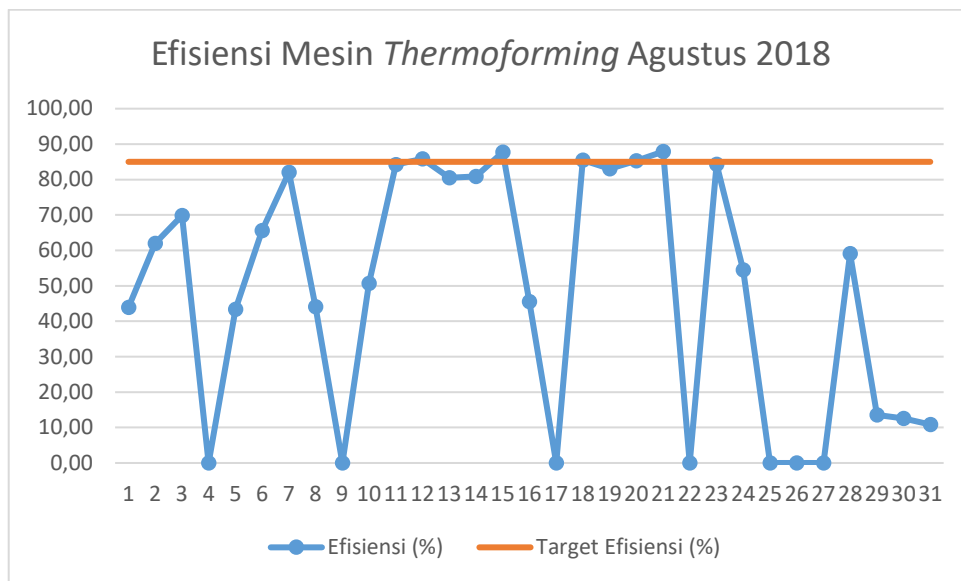
Tabel 5. 3 Data Efisiensi Mesin *Thermoforming* Agustus 2018

<i>Date</i>	<i>Comm Hours (Minutes)</i>	<i>Total Unplanned Downtime (Minutes)</i>	<i>Total Planned Downtime (Minutes)</i>	<i>Effective Working Time (Minutes)</i>	<i>Total</i>	Efisiensi (%)
1	523	667	250	1190	1440	43,95
2	846	519	75	1365	1440	61,98
3	440	190	810	630	1440	69,84
4		0	0	0	0	0,00

Tabel 5. 3 Data Efisiensi Mesin *Thermoforming* Agustus 2018 (Lanjutan)

<i>Date</i>	<i>Comm Hours (Minutes)</i>	<i>Total Unplanned Downtime (Minutes)</i>	<i>Total Planned Downtime (Minutes)</i>	<i>Effective Working Time (Minutes)</i>	<i>Total</i>	Efisiensi (%)
5	488	637	315	1125	1440	43,38
6	944	496	0	1440	1440	65,56
7	1101	241	98	1342	1440	82,04
8	423	537	480	960	1440	44,06
9		1250	190	1250	1440	0,00
10	593	577	270	1170	1440	50,68
11	1213	227	0	1440	1440	84,24
12	1236	204	0	1440	1440	85,83
13	1159	281	0	1440	1440	80,49
14	970	230	240	1200	1440	80,83
15	1263	177	0	1440	1440	87,71
16	575	688	177	1263	1440	45,53
17		0	0	0	0	0,00
18	1179	201	60	1380	1440	85,43
19	1196	244	0	1440	1440	83,06
20	1228	212	0	1440	1440	85,28
21	1247	172	21	1419	1440	87,88
22		0	0	0	0	0,00
23	1214	226	0	1440	1440	84,31
24	523	437	480	960	1440	54,48
25		0	0	0	0	0,00
26		0	0	0	0	0,00
27		0	0	0	0	0,00
28	810	560	70	1370	1440	59,12
29	190	1213	0	1403	1403	13,54
30	181	1259	0	1440	1440	12,57
31	132	1083	225	1215	1440	10,86





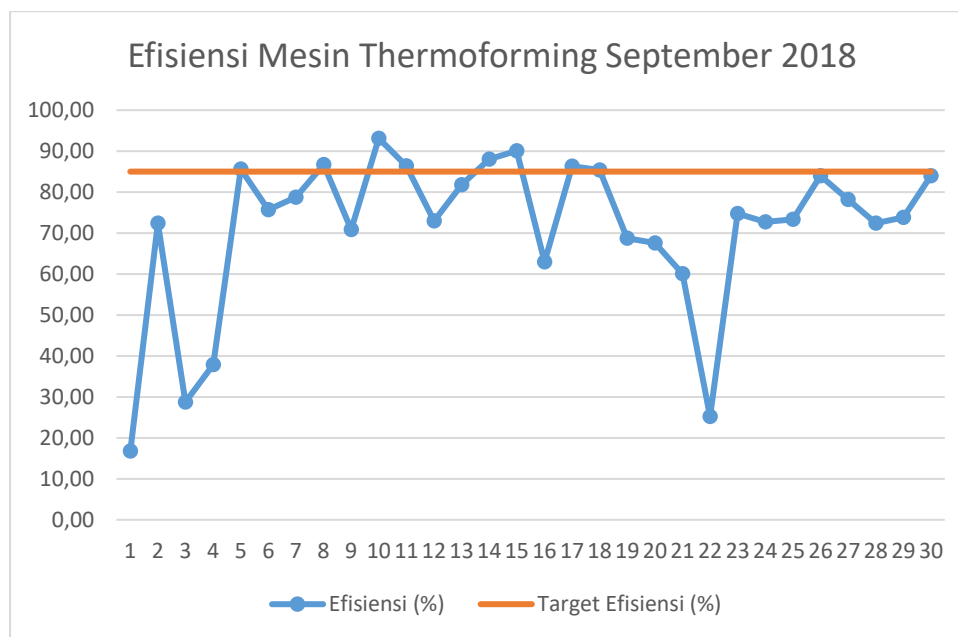
Gambar 5. 4 Grafik Efisiensi Mesin *Thermoforming* Agustus 2018

Tabel 5. 4 Efisiensi Mesin *Thermforming* September 2018

<i>Date</i>	<i>Comm Hours (Minutes)</i>	<i>Total Unplanned Downtime (Minutes)</i>	<i>Total Planned Downtime (Minutes)</i>	<i>Effective Working Time (Minutes)</i>	<i>Total Hours</i>	<i>Efisiensi(%)</i>
1	241	1199	0	1440	1440	16,74
2	1043	397	0	1440	1440	72,43
3	414	1026	0	1440	1440	28,75
4	523	857	60	1380	1440	37,90
5	1233	207	0	1440	1440	85,63
6	1090	350	0	1440	1440	75,69
7	1134	306	0	1440	1440	78,75
8	1197	183	60	1380	1440	86,74
9	1020	420	0	1440	1440	70,83
10	1341	99	0	1440	1440	93,13
11	1136	179	125	1315	1440	86,39
12	1051	389	0	1440	1440	72,99
13	1178	262	0	1440	1440	81,81
14	1268	172	0	1440	1440	88,06
15	1297	143	0	1440	1440	90,07
16	595	350	495	945	1440	62,96
17	1243	197	0	1440	1440	86,32
18	1229	211	0	1440	1440	85,35
19	856	389	195	1245	1440	68,76
20	973	467	0	1440	1440	67,57
21	865	575	0	1440	1440	60,07

Tabel 5. 4 Efisiensi Mesin *Thermforming* September 2018 (Lanjutan)

Date	Comm Hours (Minutes)	Total Unplanned Downtime (Minutes)	Total Planned Downtime (Minutes)	Effective Working Time (Minutes)	Total Hours	Efisiensi(%)
22	340	1010	90	1350	1440	25,19
23	972	328	140	1300	1440	74,77
24	1047	393	0	1440	1440	72,71
25	1056	384	0	1440	1440	73,33
26	1209	231	0	1440	1440	83,96
27	1099	307	34	1406	1440	78,17
28	876	334	230	1210	1440	72,40
29	1063	377	0	1440	1440	73,82
30	1209	231	0	1440	1440	83,96



Gambar 5. 5 Grafik Efisiensi Mesin *Thermoforming* September 2018

Berikut merupakan rekap data efisiensi mesin *thermoforming* bulan Juli-September 2018.

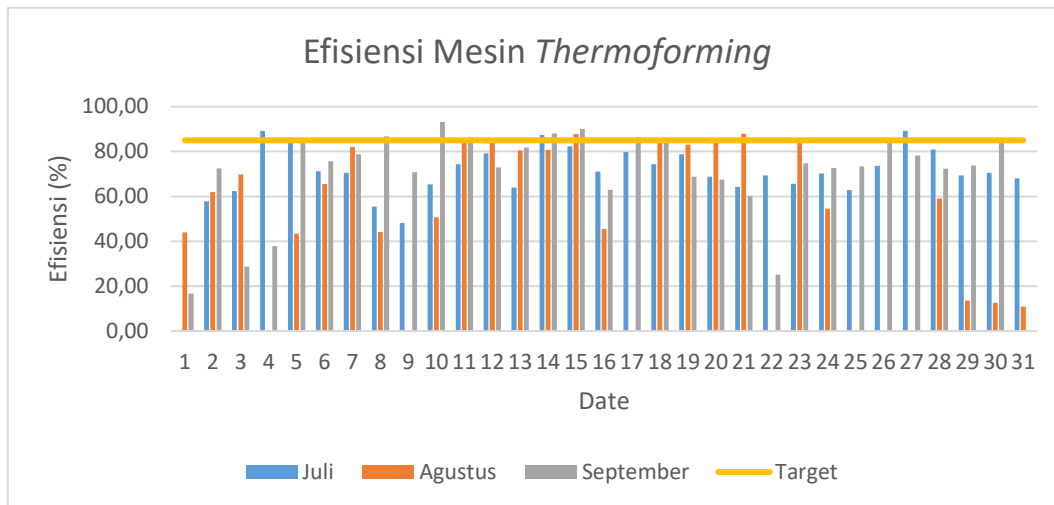
Tabel 5. 5 Rekap Efisiensi Mesin *Thermoforming* bulan Juli-September 2018

Tanggal	Efisiensi (%)		
	Juli	Agustus	September
1	0,00	43,95	16,74
2	57,83	61,98	72,43
3	62,43	69,84	28,75

Tabel 5. 5 Rekap Efisiensi Mesin *Thermoforming* bulan Juli-September 2018  
(Lanjutan)

Tanggal	Efisiensi (%)		
	Juli	Agustus	September
4	89,14	0,00	37,90
5	84,91	43,38	85,63
6	71,23	65,56	75,69
7	70,49	82,04	78,75
8	55,49	44,06	86,74
9	48,06	0,00	70,83
10	65,35	50,68	93,13
11	74,31	84,24	86,39
12	79,17	85,83	72,99
13	63,88	80,49	81,81
14	87,39	80,83	88,06
15	82,36	87,71	90,07
16	71,11	45,53	62,96
17	79,71	0,00	86,32
18	74,40	85,43	85,35
19	78,82	83,06	68,76
20	68,82	85,28	67,57
21	64,24	87,88	60,07
22	69,31	0,00	25,19
23	65,69	84,31	74,77
24	70,22	54,48	72,71
25	62,78	0,00	73,33
26	73,68	0,00	83,96
27	89,24	0,00	78,17
28	80,97	59,12	72,40
29	69,38	13,54	73,82
30	70,51	12,57	83,96
31	68,06	10,86	

Berdasarkan hasil penghitungan efisiensi mesin *thermoforming* diketahui bahwa masih banyak terdapat efisiensi mesin yang tidak mencapai target perusahaan yaitu efisiensi mesin sebesar 85%. Efisiensi mesin *thermoforming* rendah karena *commertial hours* yang rendah. Penyebab utama rendahnya *commertial hours* karena tingginya *unplanned downtime*. Untuk itu perlu dianalisis lebih lanjut mengenai *downtime* yang terjadi pada proses *thermoforming*. Berikut ini merupakan grafik efisiensi pada mesin *thermoforming*.



Gambar 5. 6 Grafik Efisiensi Mesin *Thermforming* Juli-September 2018

### 5.3.2 Pengumpulan dan Pengolahan Data Downtime

*Downtime* terdiri dari *planned downtime* dan *unplanned downtime*. Pada bagian ini dilakukan identifikasi jenis-jenis *downtime* yang terjadi pada mesin *thermoforming* yaitu sebagai berikut.

#### 1. *Unplanned Downtime*

Yaitu waktu dimana peralatan atau mesin tidak digunakan karena aktivitas yang tidak direncanakan. *Unplanned downtime* terdiri dari:

##### a. *Engineering*

Merupakan *downtime* yang disebabkan fungsi komponen maupun peralatan tidak berjalan sebagaimana mestinya. *Unplanned downtime engineering* terdiri dari *utility*, *machine*, dan *tool*. *Utility* yaitu *downtime* terkait permasalahan pada *compressor*, pendingin (*chiller*). *Machine* terkait sistem mekanik, elektrik, pneumatik. Dan *tools* yaitu terkait *mold*, *plug assist*.

##### b. *Blank Material*

*Blank material* yaitu *downtime* yang diakibatkan karena material yang digunakan tidak sesuai standar saat proses *thermoforming* berlangsung sehingga proses perlu dihentikan dan dilakukan penggantian material.

##### c. PLN

Merupakan *downtime* yang diakibatkan pemadaman listrik oleh PLN tanpa adanya pemberitahuan terlebih dahulu.

d. *Man Power*

Merupakan *downtime* yang diakibatkan tidak masuknya operator tanpa pemberitahuan terlebih dahulu.

e. *Production*

Merupakan *downtime* yang terkait proses produksi, terdiri dari *set up*, *start up*, dan *process*. *Set up* merupakan *downtime* akibat *tool change*, saat penggantian produk yang akan diproduksi, dsb. *Start up* merupakan kelanjutan dari *set up* yaitu persiapan *heating* dsb. Dan *process* merupakan *downtime* yang dilakukan untuk menjaga variabel produk sesuai dengan standar seperti *setting* temperatur, *setting* tekanan, dsb.

2. *Planned Downtime*

Yaitu waktu dimana peralatan atau mesin tidak digunakan karena aktivitas yang tidak direncanakan. *Planned downtime* terdiri dari.

a. *Engineering*

*Planned downtime engineering* terdiri dari *preventive maintenance* dan PLN. *Preventive maintenance* merupakan perawatan *tools* maupun komponen mesin sesuai dengan jadwal yang ditentukan. *Preventive maintenance* standarnya dilakukan 8 jam per bulan. Dan *planned downtime* PLN merupakan pemadaman listrik yang sudah diberitahukan oleh PLN sebelumnya.

b. *Sales No Order*

*Downtime* dimana tidak ada *order* sehingga kegiatan produksi tidak dilakukan.

c. *Logistic Material Supply*

*Downtime* dimana menunggu *material* karena tidak ada atau *material* yang akan diproses belum datang.

d. *Holiday*

Merupakan *downtime* akibat hari libur sehingga proses produksi *off* atau tidak dilaksanakan.

e. *Trial*

*Downtime* akibat percobaan produksi hasil pengembangan produk baru.

Berikut ini merupakan data *unplanned downtime* mesin *thermoforming* yang memproduksi *round drinking cups*.

Tabel 5. 6 Data *Unplanned Downtime* Juli 2018

NO	TANGGAL	UNPLANNED DOWN TIME ( MINUTES )								
		Engineering			BM	PLN	Man	Production		
		Utility	Mc	Tool	Material		Power	Start up	Set up	Process
1	01-Jul									
2	02-Jul		30,00	20,00	134,00			60,00	130,00	15,00
					95,00				130,00	28,00
3	03-Jul		175,00	20,00	196,00				61,00	89,00
4	04-Jul		10,00		5,00					19,00
					10,00				65,00	18,00
					15,00			30,00	60,00	9,00
5	05-Jul								15,00	28,00
					25,00			95,00	108,00	27,00
6	06-Jul				20,00			300,00	195,00	98,00
										15,00
7	07-Jul	30,00	85,00		35,00				185,00	90,00
8	08-Jul		461,00		15,00				90,00	75,00
9	09-Jul		642,00						85,00	21,00
10	10-Jul		200,00		15,00	45,00			200,00	39,00
11	11-Jul	81,00	110,00		50,00				60,00	69,00
12	12-Jul		140,00		40,00	20,00				84,00
					10,00					6,00
13	13-Jul		65,00	295,00	20,00	30,00		53,00		91,00
14	14-Jul			25,00						46,00
			58,00	10,00				100,00	15,00	15,00

Sumber: PT PPA, 2018

Tabel 5. 6 Data *Unplanned Downtime* Juli 2018 (Lanjutan)

NO	TANGGAL	UNPLANNED DOWN TIME ( MINUTES )								
		Engineering			BM	PLN	Man	Production		
		Utility	Mc	Tool	Material		Power	Start up	Set up	Process
15	15-Jul		80,00	53,00	45,00					76,00
16	16-Jul		170,00		110,00				35,00	101,00
17	17-Jul		80,00		113,00				30,00	39,00
								60,00	15,00	3,00
18	18-Jul				70,00				57,00	18,00
					65,00			30,00	115,00	36,00
19	19-Jul		136,00		96,00					73,00
20	20-Jul		25,00	40,00	250,00				50,00	84,00
21	21-Jul				60,00					9,00
					268,00				97,00	81,00
22	22-Jul		130,00	10,00	207,00					95,00
23	23-Jul		140,00	20,00	144,00				120,00	70,00
24	24-Jul				35,00			70,00	30,00	12,00
			85,00	25,00	25,00				90,00	106,00
25	25-Jul		150,00	150,00	33,00				100,00	103,00
26	26-Jul		130,00	30,00	25,00				95,00	99,00
27	27-Jul		78,00		20,00					57,00
28	28-Jul		100,00		20,00				85,00	69,00
29	29-Jul		295,00		15,00				60,00	71,00
30	30-Jul		20,00		15,00					18,00
			80,00		25,00			60,00	110,00	139,00
31	31-Jul		100,00		20,00				260,00	80,00

Sumber: PT PPA, 2018

Tabel 5. 7 Data *Unplanned Downtime* Agustus 2018

NO	TANGGAL	UNPLANNED DOWN TIME ( MINUTES )								
		<i>Engineering</i>			<i>BM</i>	<i>PLN</i>	<i>Man</i>	<i>Production</i>		
		<i>Utility</i>	<i>Mc</i>	<i>Tool</i>	<i>Material</i>		<i>Power</i>	<i>Start up</i>	<i>Set up</i>	<i>Process</i>
1	01-Aug			95,00	15,00			180,00	370,00	40,00
			60,00		10,00			70,00	25,00	52,00
2	02-Aug		90,00	30,00	55,00				230,00	27,00
			10,00		20,00				30,00	19,00
3	03-Aug		33,00	90,00	25,00				30,00	12,00
5	05-Aug		80,00		30,00				32,00	15,00
6	06-Aug		125,00		85,00				130,00	156,00
7	07-Aug		25,00	55,00	45,00			98,00	50,00	66,00
8	08-Aug		600,00						641,00	9,00
9	09-Aug				20,00			180,00	476,00	41,00
10	10-Aug		270,00	40,00				270,00	255,00	12,00
11	11-Aug		25,00	20,00	53,00				30,00	99,00
12	12-Aug				88,00				30,00	86,00
13	13-Aug		100,00	60,00	10,00				50,00	61,00
14	14-Aug				20,00			240,00	180,00	30,00
15	15-Aug			50,00	10,00				78,00	39,00
16	16-Aug		20,00		480,00				157,00	31,00
17	17-Aug									
18	18-Aug				15,00				48,00	58,00
					10,00			60,00	25,00	18,00
19	19-Aug				54,00				154,00	36,00

Sumber: PT PPA, 2018



Tabel 5. 7 Data *Unplanned Downtime* Agustus 2018 (Lanjutan)

NO	TANGGAL	UNPLANNED DOWN TIME ( MINUTES )								
		Engineering			BM	PLN	Man	Production		
		Utility	Mc	Tool	Material		Power	Start up	Set up	Process
20	20-Aug		128,00		20,00				21,00	43,00
21	21-Aug				20,00			21,00	100,00	28,00
									15,00	9,00
22	22-Aug									
23	23-Aug		65,00		20,00				40,00	101,00
24	24-Aug	315,00			10,00				90,00	22,00
25	25-Aug									
26	26-Aug									
27	27-Aug									
28	28-Aug		60,00		62,00			70,00	55,00	33,00
									350,00	
29	29-Aug	120,00		37,00					1.078,00	15,00
30	30-Aug		40,00	910,00					303,00	6,00
31	31-Aug		240,00					225,00	840,00	3,00

Sumber: PT PPA, 2018

Tabel 5. 8 Data *Unplanned Downtime* September 2018

NO	TANGGAL	UNPLANNED DOWN TIME ( MINUTES )								
		<i>Engineering</i>			<i>BM</i>	<i>PLN</i>	<i>Man</i>	<i>Production</i>		
		<i>Utility</i>	<i>Mc</i>	<i>Tool</i>	<i>Material</i>		<i>Power</i>	<i>Start up</i>	<i>Set up</i>	<i>Process</i>
1	01-Sep		90,00	20,00					1.051,00	38,00
2	02-Sep		180,00		41,00				55,00	121,00
3	03-Sep		919,00							107,00
4	04-Sep									
5	05-Sep	10,00	91,00		51,00					55,00
6	06-Sep		152,00	75,00	15,00				33,00	75,00
7	07-Sep		163,00		10,00				75,00	58,00
8	08-Sep		30,00		50,00			60,00	30,00	41,00
					10,00					22,00
9	09-Sep		270,00		20,00				100,00	30,00
10	10-Sep				50,00					49,00
11	11-Sep							125,00		21,00
			13,00						45,00	38,00
			15,00		10,00				15,00	22,00
12	12-Sep		130,00		170,00				50,00	39,00
13	13-Sep	88,00	73,00		20,00				15,00	66,00
14	14-Sep		50,00						38,00	18,00
					10,00				35,00	21,00
15	15-Sep		40,00		20,00				40,00	43,00
16	16-Sep		65,00	15,00	15,00				62,00	193,00
17	17-Sep		18,00							37,00
			35,00		40,00					67,00

Sumber: PT PPA, 2018

Tabel 5.8 Data *Unplanned Downtime* September 2018 (Lanjutan)

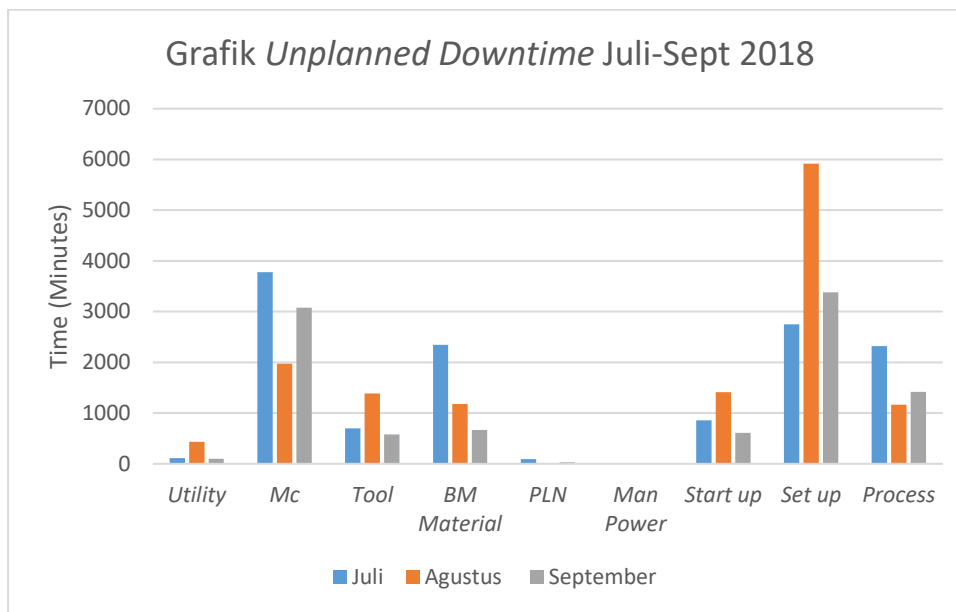
NO	TANGGAL	UNPLANNED DOWN TIME ( MINUTES )								
		Engineering			BM	PLN	Man	Production		
		Utility	Mc	Tool	Material		Power	Start up	Set up	Process
18	18-Sep		35,00		8,00					15,00
			45,00		25,00	30,00			15,00	38,00
19	19-Sep				25,00				30,00	49,00
				210,00				195,00	75,00	
20	20-Sep			69,00					380,00	18,00
21	21-Sep		105,00	125,00	20,00				289,00	36,00
22	22-Sep		310,00					90,00	679,00	21,00
23	23-Sep							140,00	100,00	6,00
				64,00	20,00				120,00	18,00
24	24-Sep		250,00		35,00				49,00	59,00

Sumber: PT PPA, 2018

Berdasarkan data *unplanned downtime* yang ada, berikut merupakan rekap data *unplanned downtime* mesin *thermoforming* bulan Juli-September 2018.

Tabel 5. 9 Rekap *Unplanned Downtime* Bulan Juli-September 2018

UNPLANNED DOWN TIME ( MINUTES )									
Bulan	Engineering			BM Material	PLN	Man Power	Production		
	Utility	Mc	Tool				Start up	Set up	Process
Juli	111	3775	698	2346	95	0	858	2748	2321
Agustus	435	1971	1387	1177	0	0	1414	5913	1167
Septem ber	98	3079	578	665	30	0	610	3381	1421



Gambar 5. 7 Grafik *Unplanned Downtime* Juli-September 2018

Berikut ini merupakan data *planned downtime* mesin *thermoforming* yang memproduksi *round drinking cups*.

Tabel 5. 10 Data *Planned Downtime* Agustus 2018

NO	TANGGAL	PLANNED DOWN TIME (MINUTES)					
		Engineering		Sales	Logistic	Holiday	Trial
		Prev Mtn	PLN	No order	Mat.Supp		
1	03-Aug	810,00					
2	05-Aug	315,00		480,00			
3	08-Aug	190,00					
4	09-Aug	300,00					
5	16-Aug	177,00					
6	24-Aug					480,00	
7	27-Aug			960,00			

Sumber: PT PPA, 2018

Tabel 5. 11 Data *Planned Downtime* September 2018

NO	TANGGAL	PLANNED DOWN TIME (MINUTES)					
		Engineering		Sales	Logistic	Holiday	Trial
		Prev Mtn	PLN	No order	Mat.Supp		
1	16-Sep		495,00				

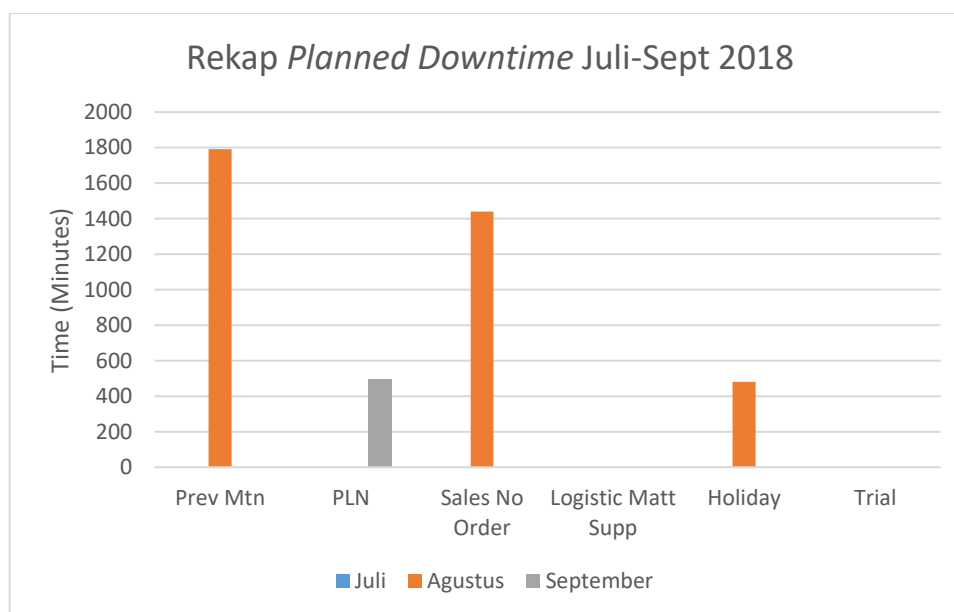
Sumber: PT PPA, 2018

Berdasarkan data *planned downtime* yang ada, berikut merupakan rekap data *planned downtime* mesin *thermoforming* bulan Juli-September 2018.

Tabel 5. 12 Rekap *Planned Downtime* Juli-September

Bulan	<i>PLANNED DOWN TIME (MINUTES)</i>					
	<i>Engineering</i>		<i>Sales No Order</i>	<i>Logistic Mat Supp</i>	<i>Holiday</i>	<i>Trial</i>
	<i>Prev Mtn</i>	<i>PLN</i>				
Juli	0	0	0	0	0	0
Agustus	1792	0	1440	0	480	0
September	0	495	0	0	0	0

Berikut ini merupakan grafik rekap *planned downtime* bulan Juli-September 2018 pada mesin *thermoforming*.



Gambar 5. 8 Rekap *Planned Downtime* Juli-September 2018

Berdasarkan data *planned downtime*, *preventive maintenance* tidak dilakukan pada bulan Juli dan September 2018, sedangkan bulan Agustus 2018 *preventive maintenance* yang dilakukan melebihi standar. Standarnya *preventive maintenance* dilakukan dalam satu bulan maksimal selama 8 jam, namun pada bulan agustus *preventive maintenance* dilakukan selama 29,86 jam. Berdasarkan keterangan dari manajer produksi, tingginya waktu *preventive maintenance* pada bulan Agustus disebabkan karena *maintenance* dilakukan selama mesin *off* sekaligus untuk memperbaiki *unplanned downtime*. Sedangkan pada bulan Juli dan September tidak tercatat dilakukan *preventive maintenance* karena *maintenance*

dilakukan sekaligus saat memperbaiki *unplanned downtime* (berupa *corrective maintenance*), *preventive maintenance* tidak dilakukan karena untuk tetap memenuhi target perencanaan produksi. Sehingga untuk menganalisis penyebab tingginya *preventive maintenance* dapat dilakukan dengan menganalisis *unplanned downtime*.

#### **5.4 Analisis Risk Priority Number FMEA**

Dalam menentukan rekomendasi perbaikan, perlu dilakukan pemilihan akar penyebab *defect* yang kritis. Pemilihan tersebut dilakukan dengan menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Analisis FMEA dilakukan menggunakan hasil dari *Root Cause Analysis* (RCA) dan dengan mempertimbangkan *problem* yang pernah terjadi dan mengakibatkan *unplanned downtime* pada mesin *thermoforming*.

Pada analisis FMEA dilakukan penilaian mengenai tingkat keparahan yang ditimbulkan (*severity*), tingkat keseringan terjadi (*occurrence*), dan kemampuan mendeteksi kegagalan (*detection*). Penilaian *severity*, *occurrence*, dan *detection* dilakukan oleh Manajer Produksi PT PPA berdasarkan pengalaman selama menangani mesin *thermoforming* dan data penunjang yang dimiliki perusahaan. Dari penilaian ketiganya aspek yaitu *severity*, *occurrence*, dan *detection* dapat dihitung nilai *Risk Priority Number* (RPN) dimana *failure mode* dengan nilai RPN tertinggi merupakan penyebab *defect* yang kritis.

Berdasarkan Tabel 5.13 dapat diketahui bahwa *failure mode* dengan nilai RPN tertinggi yaitu 280 baik untuk *defect* diameter tidak standar maupun meleyot disebabkan karena terdapat permasalahan pada *valve forming*. Hal tersebut menunjukkan bahwa permasalahan tersebut sering terjadi serta menimbulkan dampak yang cukup signifikan terhadap terjadinya *defect* pada proses *thermoforming*. Kesamaan penyebab *defect* yang kritis ini karena memang pada dasarnya *valve forming* merupakan salah satu komponen yang berperan penting pada proses *forming* untuk menghasilkan produk sesuai dengan spesifikasi. Berikut ini merupakan analisis FMEA dan hasil penilaian terhadap masing-masing *failure mode*.

Tabel 5. 13 *Failure Mode and Effect Analysis Defect* pada Proses *Thermoforming*

<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Effect(s) Failure</i>	<i>S</i>	<i>Potential Cause(s)</i>	<i>O</i>	<i>Current Controls</i>	<i>D</i>	<i>RPN</i>
Diameter tidak standar	Variasi ukuran <i>sheet</i>	2	<i>Sheet</i> terlalu tebal	2	Mengganti <i>sheet</i>	7	28
	Suhu <i>heater</i> tidak stabil	5	<i>Setting temperatur sheet</i> tidak tepat	4	<i>Setting temperatur sheet</i>	7	140
	Tekanan pneumatik tidak sesuai standar	4	Tidak diketahui tekanan pada pneumatik	4	Pemasangan <i>pressure gauge</i>	7	112
	Tekanan <i>plug assist</i> tidak sesuai standar	3	<i>Sensor valve cylinder</i> rusak	6	Memperbaiki <i>sensor valve cylinder</i>	7	126
		3	<i>Valve plug assist</i> rusak	5	Memperbaiki <i>valve plug assist</i>	7	105
	Tekanan <i>forming</i> tidak sesuai standar	5	<i>Valve forming</i> rusak	8	Memperbaiki <i>valve forming</i>	7	280
Meleyot	<i>Swivel</i> bermasalah	5	Posisi <i>swivel</i> tidak sesuai standar	2	Kalibrasi <i>swivel table</i> , Memperbaiki <i>swivel table</i>	7	70
		5	<i>Cable encorder</i> rusak	2	Memperbaiki/ mengganti <i>cable encorder</i>	7	70
	<i>Stroke table</i> bermasalah	5	<i>Sensor stroke table</i> rusak	2	Mengganti <i>sensor storke table</i>	7	70
	Posisi <i>stacking cup</i> tidak pas	4	<i>Dummpers swivel</i> patah	4	Mengganti <i>dummpers swivel table</i>	7	112
		4	<i>Pusher</i> rusak	4	Memperbaiki <i>pusher</i>	7	112
	<i>Stacking plate</i> dengan <i>swivel</i> tidak <i>center</i>	4	Baut kendur	2	<i>Setting</i> baut	7	56
		4	<i>Stacking plate</i> 1 rusak	2	Memperbaiki, kalibrasi <i>stacking plate</i> 1	7	56
	<i>Stacking plate</i> 1 dan 2 tidak <i>center</i>	4	<i>Breaker stacking plate</i> 2 rusak	6	Memperbaiki, kalibrasi <i>stacking plate</i> 2	7	168
		3	<i>Chain stacking plate</i> 2 rusak	2	Memperbaiki <i>chain stacking plate</i> 2	9	54

<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Effect(s) Failure</i>	<i>S</i>	<i>Potential Cause(s)</i>	<i>O</i>	<i>Current Controls</i>	<i>D</i>	<i>RPN</i>
		3	<i>Hinge rusak</i>	2	Mengganti <i>hinge</i>	7	42
	<i>Mold terlalu dingin</i>	3	<i>Setting temperatur tool tidak tepat</i>	2	Menaikkan <i>temperature cooling</i>	7	42
	<i>Suhu heater tidak dapat diketahui</i>	5	<i>Cable thermocouple putus</i>	2	Mengganti <i>cable thermocouple</i>	7	70
	<i>Roll unwinder loose</i>	2	<i>Rubber in roll unwinder aus</i>	2	<i>Setting posisi roll unwinder</i>	7	28
		2	<i>Roll unwinder rusak</i>	2	Memperbaiki <i>roll unwinder</i>	7	28
	<i>Sheet loose dari chain transport</i>	5	<i>Temperature terlalu panas</i>	2	<i>Setting heater</i>	9	90
		4	<i>Chain transport aus</i>	4	Mengganti <i>chain transport</i>	7	112
	<i>Tekanan down keeper tidak sesuai standar</i>	5	<i>Valve down keeper rusak</i>	6	Memperbaiki <i>valve down keeper</i>	7	210
	<i>Sheet stuck pada chain transport</i>	3	<i>Holder chain aus</i>	2	<i>Setting pressure holder chain</i>	7	42
	<i>Tekanan pneumatik tidak sesuai standar</i>	4	<i>Tidak diketahui tekanan pada pneumatik</i>	4	Pemasangan <i>pressure gauge</i>	7	112
	<i>Tekanan plug assist tidak sesuai standar</i>	3	<i>Sensor valve cylinder rusak</i>	6	Memperbaiki <i>sensor valve cylinder</i>	7	126
		3	<i>Valve plug assist rusak</i>	4	Memperbaiki <i>valve plug assist</i>	7	84
	<i>Tekanan forming tidak sesuai standar</i>	5	<i>Valve forming rusak</i>	8	Memperbaiki <i>valve forming</i>	7	280
	<i>Material tidak terdistribusi rata</i>	5	<i>Plug assist rusak</i>	1	Mengganti, memperbaiki <i>plug assist</i>	7	35



Dari hasil analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk *defect* diameter tidak standar, dengan nilai *severity* tertinggi yaitu 5 diakibatkan oleh *setting temperature sheet* tidak tepat dan *valve forming* rusak. Karena suhu dan tekanan *forming* merupakan faktor penting yang berperan pada proses *forming*. Apabila suhu *sheet* tidak sesuai standar maka akan sulit dibentuk jika terlalu dingin dan akan meleleh apabila terlalu panas, sehingga *sheet* tidak terbentuk sebagaimana mestinya. Dan tekanan *forming* juga berperan penting dalam proses *forming* karena teknik *forming* yang diterapkan pada PT PPA yaitu *pressure forming*, yaitu pembentukan *sheet* dengan menggunakan bantuan tekanan udara untuk mendorong *sheet* ke *mold*. Sehingga apabila *valve forming* rusak dapat mengakibatkan tekanan yang diberikan kepada *sheet* tidak sesuai dan *sheet* dapat terbentuk tidak sesuai standar. Sedangkan dari penilaian *occurrence* untuk *defect* diameter tidak standar, nilai *occurrence* tertinggi yaitu *valve forming* rusak dengan nilai 8, hal ini dikarenakan jumlah kegagalan yang disebabkan oleh rusaknya *valve forming* tinggi baik berdasarkan keterangan manajer produksi maupun operator mengenai komponen mesin apa yang sering mengalami kerusakan. Selanjutnya untuk *detection*, memiliki nilai yang sama yaitu 7, dimana kontrol yang dilakukan memiliki peluang sangat rendah mendeteksi adanya kegagalan, karena kontrol untuk mendeteksi kegagalan yaitu dengan melihat hasil *output*, apabila terdapat *output* yang tidak sesuai spesifikasi baru digunakan sebagai indikasi adanya permasalahan pada mesin.

Sedangkan untuk hasil analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk *defect* meleyot, dengan nilai *severity* tertinggi yaitu 5 diakibatkan oleh posisi *swivel* yang tidak sesuai standar, *cable encorder* rusak, *sensor stroke table* rusak, *cable thermocouple* putus, *temperature* terlalu panas, *valve down keeper* rusak, *valve forming* rusak, dan *valve plug assist* rusak. Posisi *swivel* yang tidak sesuai standar, *cable encorder* rusak, dan *sensor stroke table* rusak dapat membuat posisi *lower tool* dan *upper tool* tidak *center*, apabila hal tersebut terjadi maka posisi *lower tool* dan *upper tool* tidak tertutup sempurna saat proses *forming*, hal tersebut dapat membuat produk yang dibentuk tidak sesuai spesifikasi yang ditentukan. Rusaknya *cable thermocouple* membuat suhu aktual saat ini tidak dapat diketahui, hal ini tentunya akan membuat sulit untuk menentukan apakah suhu yang *disetting* sudah

tepat atau belum karena suhu juga berpengaruh banyak terhadap proses *forming* sehingga apabila suhu *sheet* tidak tepat dapat menyebabkan produk cacat atau tidak sesuai spesifikasi. Temperatur yang terlalu panas juga dapat menyebabkan *sheet* lepas dari *chain transport* karena temperatur yang terlalu panas dapat membuat *sheet* meleleh. Apabila *sheet* lepas dari *chain transport* maka posisi *sheet* dan pergerakan *sheet* tidak standar sehingga proses *forming* pun dapat terganggu. Sama seperti pada *defect* diameter tidak sesuai standar, kerusakan *valve forming* juga sangat berpengaruh terhadap *defect* meleyot karena nantinya tekanan untuk proses *forming* kurang dan *sheet* menjadi tidak terdorong sempurna ke *mold*. Yang menjadi pembeda antara *defect* diameter tidak standar dan meleyot yaitu dimana pada *defect* meleyot kerusakan *valve down keeper* berpengaruh cukup besar terhadap terjadinya *defect*. Karena *defect* meleyot yang terjadi berupa bibir *cup* yang bergelombang, hal ini salah satunya disebabkan karena tekanan *valve down keeper* kurang. *Down keeper* berfungsi menahan/ memegang *sheet* saat proses *forming*, apabila *valve down keeper* rusak dan menyebabkan tekanan *down keeper* kurang maka *down keeper* akan tidak cukup kuat memegang/ menahan *sheet* sehingga bagian permukaan *cup* menjadi tidak rata. Selanjutnya untuk aspek *occurrence*, nilai tertinggi yaitu 8 pada rusaknya *valve forming* karena sama seperti pada *defect* sebelumnya, jumlah kegagalan yang disebabkan oleh rusaknya *valve forming* tinggi baik berdasarkan keterangan manajer produksi maupun operator mengenai komponen mesin apa yang sering mengalami kerusakan. Dan untuk *detection* nilai tertinggi yaitu 9, dimana kesulitan untuk mendeteksi kerusakan *chain stacking plate 2*, dan *setting temperature heater*. Kerusakan *chain stacking plate 2* sulit dideteksi karena banyak faktor yang menyebabkan *cup* tidak teratur saat *stacking*, dan apabila *chain stacking plate 2* aus, operator harus membongkar dan mengecek *stacking plate 2* dengan teliti untuk mengetahui *chain* mana yang bermasalah. Selanjutnya untuk *setting temperature sheet* apakah sudah sesuai atau belum akan sulit dideteksi karena perusahaan juga tidak memiliki alat seperti *pyrometer* untuk mengecek suhu aktual *sheet* secara berkala dengan mudah, sehingga kemungkinan terjadinya ketidaktepatan *setting* temperatur baru bisa dilihat ketika ada produk yang tidak sesuai spesifikasi. Namun sulit juga untuk menentukan apakah produk tersebut *defect* karena *setting temperature* yang tidak

tepat atau disebabkan oleh hal lainnya karena tidak ada pengecekan suhu aktual *sheet* untuk mencocokkan dengan suhu *setting*.

## 5.5 Diskusi

Hasil yang didapat dari penelitian ini bahwa *defect* diameter tidak standar dan meleyot mungkin disebabkan karena kurangnya tekanan pada *valve forming*. Throne (2008) mengatakan ekstensi akhir lembaran terhadap permukaan cetakan tergantung pada tekanan yang diterapkan dan ketahanan polimer tergantung waktu dan suhu. Jika lembaran tidak mereplikasi permukaan cetakan, baik tekanan atau suhu lembaran harus meningkat atau keduanya. Hal tersebut mendukung hasil penelitian dimana kurangnya tekanan berpengaruh terhadap hasil *forming*. Kurangnya tekanan pada *valve forming* ini dapat disebabkan karena beberapa hal diantaranya kebocoran pipa *pneumatic air* yang disebabkan *seal* yang aus, kerusakan pada *air regulator*, korosi pada *plug*, dan kurangnya tekanan pneumatik dari *compressor*. Adanya permasalahan pada *valve forming* ini baru bisa diketahui setelah melihat hasil *output* produksi. Tidak terdapat tanda-tanda fisik yang dapat diketahui ketika terjadi permasalahan pada *valve* sehingga sulit untuk mendeteksi adanya permasalahan yang menyebabkan penurunan tekanan yang seharusnya dihasilkan *valve forming*.

Berdasarkan keterangan operator produksi, perbaikan yang sering dilakukan pada *valve forming* yaitu penggantian *seal*. Penggantian *seal* dilakukan apabila *seal* yang ada mengalami kerusakan atau aus. *Seal* merupakan komponen yang berfungsi menutup celah atau sambungan pipa dari *compressor* ke *valve* sehingga tidak terjadi kebocoran, terlebih dengan adanya sifat udara yang mengisi ruang kosong mengakibatkan rawan terjadinya kebocoran. Apabila sering dilakukan penggantian *seal* karena aus, maka kemungkinan penyebab kurangnya tekanan pada *valve forming* karena kebocoran akibat *seal* yang aus.

Stanley (2003) menyatakan tidak ada masalah dalam mendeteksi kebocoran tekanan *forming*; udara bertekanan akan memberikan tanda apabila terjadi kebocoran dengan raungan yang keras. Berdasarkan keterangan manajer produksi maupun operator, apabila terjadi kebocoran pada *valve* PT PPA tidak dapat dideteksi dengan tanda-tanda fisik seperti suara dan sebagainya. Hal tersebut dapat

disebabkan karena bunyi mesin lebih keras dibandingkan kebocoran itu sendiri sehingga tidak terdengar adanya suara kebocoran. Pada beberapa industri, karena yang mengalir pada sistem pneumatik merupakan udara biasa yang mana apabila terjadi kebocoran dan udara keluar ke lingkungan tidak akan mencemari lingkungan, kebocoran menjadi kurang diperhatikan karena tidak berdampak terhadap lingkungan. Namun untuk keperluan *forming* kebocoran sangat penting diperhatikan karena akan sangat berpengaruh terhadap kualitas produk yang dihasilkan nantinya. Kebocoran sistem pneumatik juga sulit dideteksi karena yang terjadi yaitu kebocoran gas, berbeda dengan sistem hidrolik dimana apabila terdapat kebocoran maka akan ada zat cair yang keluar, sehingga mudah diketahui. Saat ini kebocoran hanya bisa diketahui dari data proses mengenai aliran gas pada *valve*, namun pada praktiknya data proses tidak dimonitor secara periodik sehingga adanya permasalahan baru diketahui setelah melihat hasil *output* produksi yang tidak sesuai spesifikasi. Untuk penelitian lebih lanjut dapat diteliti mengenai bagaimana cara agar apabila terdapat suara kebocoran akan dapat mudah dideteksi maupun alternatif mendeteksi kebocoran secara fisik selain dari suara yang ditimbulkan.

## **5.6 Rekomendasi Perbaikan**

Berdasarkan analisis FMEA yang telah dilakukan, didapatkan *failure mode* yang kritis dan akan dilakukan perbaikan yaitu tekanan *forming* tidak sesuai standar. Faktor penyebab *failure mode* ini yaitu *valve forming* yang rusak dan tidak ada pengecekan *valve forming*. Kerusakan pada *valve forming* baru diketahui setelah melihat *output* produksi. Apabila *output* produksi menghasilkan bentuk yang tidak sesuai spesifikasi barulah dilakukan perbaikan pada *valve*. Berdasarkan keterangan operator, *valve forming* paling sering terjadi kerusakan yaitu kebocoran, dimana tekanan pada *setting* dengan tekanan aktual yang keluar dan digunakan untuk proses *forming* tidak sesuai, hal tersebut yang menyebabkan tekanan *forming* kurang. Apabila tekanan *forming* kurang maka proses *forming* tidak optimal, dapat menyebabkan waktu *forming* menjadi lebih lama dan bentuk yang dihasilkan tidak sesuai spesifikasi. Penyebab tidak diketahuinya permasalahan ini juga disebabkan tidak dilakukan pengecekan komponen setiap periode tertentu agar apabila

terdapat permasalahan dapat diketahui lebih dini dan tidak dilakukan monitor data proses tekanan sehingga permasalahan baru diketahui setelah melihat produk yang dihasilkan tidak sesuai spesifikasi/ standar yang ditentukan. Berikut ini merupakan rekomendasi perbaikan yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut:

1. Melakukan pengecekan rutin *valve forming* dan melakukan perbaikan jika diperlukan

*Valve forming* merupakan *valve* yang digunakan untuk memberikan tekanan pada proses *forming*. Jenis *valve* yang digunakan yaitu *pneumatic*. *Valve pneumatic* menggunakan tekanan udara yang mendorong diafragma atau piston untuk menggerakkan mekanisme *valve* (Kuphaldt, 2015).

Permasalahan pada PT PPA yaitu tekanan *valve forming* kurang dari standar. Untuk mengetahui adanya permasalahan pada *valve* dapat dilakukan dengan senantiasa memonitor data proses, dengan membandingkan tekanan standar dengan tekanan aktual yang dihasilkan. Apabila terdapat ketidaksesuaian berarti terdapat permasalahan pada *valve forming*, permasalahan tersebut dapat disebabkan beberapa hal diantaranya adanya kebocoran pipa *pneumatic air* yang disebabkan *seal* yang aus, kerusakan pada *air regulator*, korosi pada *plug*, dan kurangnya tekanan *pneumatic* dari *compressor*. Adapun rekomendasi yang dapat dilakukan yaitu

- a. Mengecek *seal*, *air regulator*, dan *plug*. Apabila *seal* aus maka lakukan penggantian. Untuk memeriksa kerusakan pada *air regulator* dapat dilakukan pengecekan tekanan pada *pressure gauge* apabila tidak sesuai dengan *setting* yang diinginkan maka dilakukan penyesuaian *setting air regulator*. Periksa *plug*, apabila *plug* korosi maka dilakukan penggantian *plug*.
- b. Mengecek tekanan dari *compressor*. Untuk mengetahui adanya kerusakan pada *compressor* dapat dilihat dari tekanan yang dikeluarkan. Perlu dilakukan pengecekan kesesuaian antara *setting* tekanan yang harus dikeluarkan dengan tekanan aktual yang dikeluarkan *compressor*.

Apabila tidak sesuai maka permasalahan ada pada *compressor* dimana *compressor* tidak dapat mengeluarkan tekanan sesuai dengan *setting*.

- c. Apabila *seal*, *air regulator*, *plug*, dan *compressor* bekerja dengan baik namun tekanan masih tidak sesuai maka perlu dilakukan penggantian *valve*. Apabila kerusakan dikarenakan permasalahan pada *compressor* maka perlu dianalisis lebih lanjut mengenai penyebab kerusakan agar dapat dilakukan tindakan perbaikan.
2. Melakukan pengecekan komponen dan pencatatan kondisi mesin secara periodik

Pengecekan komponen secara periodik diharapkan mampu mencegah terjadinya *defect* pada produk. Pengecekan dilakukan untuk mengetahui kondisi komponen mesin apakah sudah sesuai standar atau belum. Hal tersebut penting untuk menghindari terjadinya *unplanned downtime* karena terdapat komponen yang bermasalah saat proses produksi berlangsung. Apabila terdapat kondisi komponen yang tidak sesuai standar operator dapat langsung melakukan perbaikan maupun penggantian komponen sehingga mesin dapat bekerja dengan baik dan menghasilkan produk sesuai dengan standar.

Dapat pula didukung dengan pemberian tanda-tanda peringatan sesuai standar, misalnya penyebab *defect* utama yaitu *valve forming* tidak sesuai standar, maka perlu dibuat papan peringatan maupun papan informasi yang memuat rentang tekanan yang seharusnya digunakan pada mesin kemudian operator menyesuaikan dengan *pressure gauge* yang ada secara rutin.

*Set up* mesin harus didokumentasikan dan dokumentasi harus diikuti secara konsisten. Karena perubahan yang dibuat pada proses akan penting untuk dasar analisis seperti variasi material yang digunakan, kelembaban, dan semua parameter proses yang relevan seperti kontrol *heater*, suhu aktual *sheet*, suhu actual *mold*, tekanan, dan sebagainya.

3. Meningkatkan kinerja karyawan melalui pelatihan maupun pemberian motivasi

Untuk meningkatkan kinerja karyawan dapat dilakukan dengan pelatihan maupun pemberian motivasi. Pelatihan berarti memberi karyawan baru maupun lama mengenai keterampilan yang dibutuhkan untuk melakukan pekerjaan mereka. Pelatihan yang diberikan dapat berupa bagaimana cara mendeteksi adanya permasalahan dan memperbaikinya ketika proses produksi berlangsung. Pelatihan tersebut bertujuan untuk meningkatkan keahlian dan ketelitian operator sehingga apabila terdapat permasalahan atau dihasilkan produk *defect* dapat langsung dideteksi dan dapat segera diambil tindakan sebelum produk tidak sesuai standar terlanjur diproduksi lebih lanjut. Pelatihan ini dapat diberikan oleh manajer produksi maupun *shift leader* yang telah berpengalaman dalam bidang tersebut.

Untuk memotivasi karyawan dapat didukung dengan menerapkan sistem *reward and punishment*, dimana karyawan yang kinerjanya di atas standar yaitu mencapai efisiensi mesin *thermoforming* lebih dari 85% akan mendapat *reward* dan sebaliknya karyawan yang kinerjanya mencapai efisiensi mesin *thermoforming* kurang dari 70% akan mendapat *punishment*. Menurut McCoy (1992), *reward* adalah sesuatu yang dianggap positif, diinginkan oleh penerima dan diperoleh sebagai hasil dari beberapa tindakan yang telah dilakukan. Jika hal tersebut tidak dianggap positif, maka itu tidak bermanfaat bagi penerima. Jika hal tersebut tidak diperoleh sebagai hasil dari suatu tindakan, maka bukan *reward*. Agar dianggap positif, *reward* harus memenuhi kebutuhan karyawan. *Reward* yang diberikan dapat berupa insentif/ bonus. Insentif adalah bentuk kompensasi yang paling efektif dari segi biaya, hasil, dan tanpa risiko. Adanya insentif akan memotivasi dan mendorong kinerja karyawan menjadi lebih produktif.

Menurut Wignjosoebroto (2006), agar pemberian insentif dapat secara efektif memotivasi pekerja untuk lebih meningkatkan performansi kinerjanya, maka besarnya insentif tersebut sekurang-kurangnya 20% dari upah dasar. Dan idealnya frekuensi pemberian insentif ini satu minggu sekali, sehingga operator memperoleh umpan balik secara langsung sesegera mungkin atas kinerjanya.

Untuk dapat menghitung besarnya insentif maka perlu diketahui gaji karyawan PT PPA. Karena gaji karyawan merupakan data *confidential* perusahaan maka diasumsikan gaji karyawan sesuai dengan UMK dimana PT PPA berada. Berdasarkan Keputusan Gubernur Jawa Timur Nomor 188/665/KPTS/013/2018 mengenai upah minimum kota dan kabupaten di Jawa Timur, diketahui UMK kabupaten Sidoarjo sebesar Rp. 3.864.696,20. Maka dapat dihitung upah insentif karyawan sebagai berikut.

$$\text{Upah Insentif} = 0,2 \times \text{Upah Dasar}$$

$$\text{Upah Insentif} = 0,2 \times 3.864.696,20$$

$$\text{Upah Insentif} = 772.939,24$$

Berdasarkan hasil penghitungan diketahui agar insentif dapat secara efektif memotivasi karyawan untuk meningkatkan performansi kinerjanya maka besarnya insentif sekurang-kurangnya Rp. 772.939,24 tiap bulan.

Setiap karyawan diharapkan melakukan pekerjaannya dengan baik dan efisien serta memenuhi standar kualitas yang ditetapkan. Apabila karyawan tidak dapat memenuhi standar yang ditetapkan maka akan dikenakan *punishment*. *Punishment* merupakan tindakan yang mengoreksi atau menghukum karyawan karena melanggar aturan atau prosedur. Menurut Dessler (2014), *punishment* secara tradisional tidak efektif untuk mendisiplinkan karyawan dimana setiap tindakan karyawan langsung dikenakan sanksi karena hal tersebut memiliki kelemahan yaitu pada dasarnya setiap orang tidak suka dihukum dan cara tersebut cenderung hanya mendapat kepatuhan jangka pendek. Agar karyawan dapat disiplin dengan mengurangi kelemahan-kelemahan tersebut, berikut merupakan langkah-langkah pemberian *punishment* pada karyawan:

1. Berikan peringatan lisan untuk kesalahan pertama.
2. Jika kesalahan lain muncul dalam waktu 6 minggu, berikan peringatan resmi tertulis dan adakan diskusi pribadi dengan karyawan.
3. Jika kesalahan lain terjadi dalam sekitar 6 minggu ke depan, berikan "cuti pengambilan keputusan" selama 1 hari untuk mempertimbangkan



apakah karyawan tersebut ingin mematuhi aturan perusahaan. Ketika karyawan kembali bekerja, maka karyawan sudah harus membuat keputusan.

4. Jika perilaku itu diulang, langkah selanjutnya adalah pemecatan.

#### 5.6.1 *Estimasi Setelah Penerapan Perbaikan*

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, diketahui akar permasalahan kritis yang menyebabkan *defect* diameter tidak standar dan melepot yaitu permasalahan pada *valve forming* yang menyebabkan tekanan yang diberikan pada *sheet* kurang dari standar. Dari hasil diskusi dengan manajer produksi PT. PPA, rekomendasi perbaikan yang diusulkan sudah tepat untuk mengatasi permasalahan utama penyebab *defect* yaitu permasalahan pada *valve forming*. Karena menurut Throne (2008), permasalahan utama pada *forming* dipengaruhi oleh suhu atau tekanan yang diberikan kepada *sheet*. Sedangkan berdasarkan data historis dan keterangan manajer produksi maupun operator jarang terjadi permasalahan pada suhu *forming* sehingga permasalahan yang menyebabkan *defect* ada pada tekanan yang tidak sesuai standar. Apabila rekomendasi perbaikan yang diusulkan diterapkan maka dapat meminimasi terjadinya *defect* karena kondisi komponen yang baik akan dapat menghasilkan produk sesuai spesifikasi yang ditentukan. Berikut ini merupakan perkiraan penurunan *defect* setelah usulan perbaikan diterapkan.

##### a. *Defect* diameter tidak standar

Untuk mengurangi *defect* diameter tidak standar diusulkan 3 rekomendasi perbaikan yaitu:

1. Melakukan pengecekan *valve forming* dan melakukan perbaikan maupun penggantian apabila diperlukan.
2. Melakukan pengecekan komponen dan pencatatan kondisi mesin secara periodik.
3. Meningkatkan kinerja karyawan melalui pelatihan maupun pemberian motivasi.

Adapun estimasi setelah diterapkannya usulan perbaikan untuk tiap kombinasi usulan perbaikan yang ditawarkan ditampilkan pada Tabel 5.14.

Berdasarkan kombinasi usulan perbaikan pada Tabel 5.14, berikut merupakan penjelasan dari estimasi penurunan *defect* diameter tidak standar untuk tiap alternatif penerapan rekomendasi perbaikan.

1. Alternatif 1 (Rekomendasi 1)

*Defect* diameter tidak standar yang diakibatkan oleh adanya permasalahan pada *valve forming* rata-rata sebesar 10%, sehingga apabila dilakukan rekomendasi perbaikan dengan melakukan pengecekan *valve forming* yang terdiri dari pengecekan *seal*, *air regulator*, *plug*, dan tekanan *compressor* maka dapat menghilangkan *defect* yang disebabkan permasalahan pada *valve forming* sehingga terjadi penurunan *defect* sebesar 10%.

2. Alternatif 2 (Rekomendasi 2)

*Defect* diameter tidak standar yang diakibatkan oleh adanya permasalahan komponen mesin, tidak dilakukannya pencatatan kondisi mesin secara periodik rata-rata sebesar 5%, sehingga apabila dilakukan pengecekan komponen dan pencatatan kondisi mesin secara periodik maka dapat menurunkan *defect* sebesar 5%.

3. Alternatif 3 (Rekomendasi 3)

Dengan adanya pelatihan maupun pemberian motivasi diperkirakan dapat menurunkan *defect* sebesar 3%, hal ini dikarenakan peningkatan *skill* karyawan dalam mengatasi permasalahan yang ada pada mesin *thermoforming* dan peningkatan kinerja akibat adanya motivasi berupa insentif.

4. Alternatif 4 (Rekomendasi 1,2)

*Defect* diameter tidak standar yang diakibatkan oleh adanya permasalahan pada *valve forming* rata-rata sebesar 10%. Dan *defect* akibat permasalahan pada komponen mesin dan tidak dilakukannya pencatatan kondisi mesin secara periodik rata-rata sebesar 5%. Apabila dilakukan rekomendasi perbaikan dengan melakukan pengecekan *valve forming*, pengecekan komponen dan pencatatan kondisi mesin secara periodik maka dapat menghilangkan *defect* akibat permasalahan *valve forming*, tidak dilakukannya pengecekan komponen mesin dan

tidak adanya pencatatan kondisi mesin secara periodik sehingga terjadi penurunan *defect* sebesar 15%.

5. Alternatif 5 (Rekomendasi 1,3)

*Defect* diameter tidak standar yang diakibatkan oleh adanya permasalahan pada *valve forming* rata-rata sebesar 10%. Apabila dilakukan rekomendasi perbaikan dengan melakukan pengecekan *valve forming* maka dapat menghilangkan *defect* yang disebabkan permasalahan pada *valve forming*, dan dengan adanya pelatihan maupun pemberian motivasi diperkirakan dapat menurunkan *defect* sebesar 3% sehingga apabila diterapkan 2 rekomendasi tersebut diperkirakan terjadi penurunan *defect* sebesar 13%.

6. Alternatif 6 (Rekomendasi 2,3)

*Defect* diameter tidak standar yang diakibatkan oleh adanya permasalahan pada komponen mesin dan tidak dilakukannya *monitor* kondisi mesin secara periodik rata-rata sebesar 5%, sehingga apabila dilakukan pengecekan komponen dan pencatatan kondisi mesin secara periodik maka dapat menghilangkan *defect* akibat permasalahan tersebut. Dengan adanya pelatihan maupun pemberian motivasi diperkirakan dapat menurunkan *defect* sebesar 3% sehingga apabila diterapkan 2 rekomendasi tersebut diperkirakan terjadi penurunan *defect* sebesar 8%.

7. Alternatif 7 (Rekomendasi 1,2,3)

*Defect* diameter tidak standar yang diakibatkan oleh adanya permasalahan pada *valve forming* rata-rata sebesar 10%. Dan *defect* akibat permasalahan pada komponen mesin dan tidak dilakukannya pencatatan kondisi mesin secara periodik rata-rata sebesar 5%. Apabila dilakukan rekomendasi perbaikan dengan melakukan pengecekan *valve forming*, pengecekan komponen, pencatatan kondisi mesin secara periodik, serta dilakukan pelatihan maupun pemberian motivasi maka dapat menghilangkan permasalahan penyebab *defect* dan meningkatkan kinerja karyawan sehingga diperkirakan terjadi penurunan *defect* sebesar 20%. Penurunan 20% *defect* didapatkan dari

hasil hilangnya *defect* yang disebabkan oleh permasalahan *valve forming* sebesar 10% dan hilangnya *defect* yang disebabkan oleh permasalahan komponen mesin dan tidak dilakukannya *monitoring* kondisi mesin secara periodik sebesar 5%. Apabila dilakukan peningkatan kinerja karyawan melalui pelatihan maupun pemberian motivasi saja hanya dapat menurunkan *defect* sebesar 3% sedangkan apabila dikombinasikan dengan 2 rekomendasi lainnya maka dapat menurunkan *defect* sebesar 5% , hal ini dikarenakan 2 rekomendasi lainnya menunjang peningkatan efisiensi mesin *thermoforming* dan kinerja karyawan akan meningkat seiring peningkatan efisiensi mesin *thermoforming*. Sehingga apabila 3 rekomendasi perbaikan tersebut diterapkan akan menurunkan *defect* sebesar 20%.

Berdasarkan analisis yang dilakukan, penyebab adanya *defect* diameter tidak standar karena adanya permasalahan pada *valve forming* dikarenakan tidak ada pengecekan komponen secara rutin. Dari data bulan Juli-September 2018, terdapat 1422800 produk *defect* diameter tidak standar. Sehingga dapat dihitung rata-rata terdapat 474267 produk *defect* diameter tidak standar tiap bulan. Dari hasil diskusi dengan manajer produksi, penurunan *defect* terbesar didapatkan apabila ketiga usulan perbaikan diterapkan. Diperkirakan penurunan jumlah *defect* setelah diterapkannya usulan perbaikan yaitu sebesar 20% sehingga jumlah produk *defect* diameter tidak standar turun menjadi 379413 setiap bulannya. Penurunan jumlah *defect* tidak terlalu besar karena selain faktor komponen yang bermasalah, terjadinya *defect* juga dipengaruhi oleh keandalan mesin yang menurun karena sudah digunakan dalam waktu lama sehingga sering memerlukan *setting* untuk menyesuaikan parameter proses yang ada seperti tekanan, suhu, dan sebagainya agar tetap sesuai dengan standar yang ditentukan.

Persentase penurunan *defect* terbesar belum tentu menjadi alternatif perbaikan terbaik untuk diterapkan oleh perusahaan. Untuk memilih rekomendasi mana yang paling tepat perlu dipertimbangkan faktor lain seperti biaya sehingga didapatkan hasil *saving cost* akibat penurunan *defect* lebih besar daripada biaya yang dikeluarkan untuk penerapan rekomendasi.

Tabel 5. 14 Perkiraan Penurunan *Defect* Diameter Tidak Standar tiap Kombinasi Usulan Perbaikan

Kombinasi Usulan Perbaikan	Usulan Perbaikan	Dampak	Perkiraan Penurunan <i>Defect</i>
1	Pengecekan <i>valve forming</i>	<p>Kelebihan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apabila terdapat permasalahan pada <i>valve forming</i> dapat langsung diketahui</li> <li>• Tekanan <i>valve forming</i> dapat dijaga sesuai standar yang ditentukan</li> </ul> <p>Kekurangan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apabila terdapat permasalahan pada komponen lain kurang bisa dideteksi sehingga berpotensi menyebabkan <i>defect</i></li> </ul>	10%
2	Pengecekan komponen dan pencatatan kondisi mesin secara periodic	<p>Kelebihan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apabila terdapat permasalahan pada komponen mesin dapat dideteksi sehingga dapat mencegah terjadinya <i>defect</i></li> </ul> <p>Kekurangan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kurang berfokus pada komponen kritis penyebab <i>defect</i> yaitu <i>valve forming</i></li> <li>• Memerlukan ketelitian dan konsistensi operator</li> <li>• Membutuhkan waktu lebih untuk melakukan pengecekan dan pencatatan kondisi mesin</li> </ul>	5%

Tabel 5. 14 Perkiraan Penurunan *Defect* Diameter Tidak Standar tiap Kombinasi Usulan Perbaikan (Lanjutan)

Kombinasi Usulan Perbaikan	Usulan Perbaikan	Dampak	Perkiraan Penurunan <i>Defect</i>
3	Peningkatan kinerja karyawan melalui pelatihan maupun pemberian motivasi	<p>Kelebihan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Memotivasi karyawan untuk bekerja dengan optimal</li> <li>• Memacu karyawan agar bekerja sesuai standar perusahaan</li> <li>• Meningkatkan <i>skill</i> karyawan dalam mendeteksi dan menangani permasalahan yang terjadi pada mesin <i>thermoforming</i></li> </ul> <p>Kekurangan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Memerlukan biaya untuk insentif</li> </ul>	3%
1,2	Pengecekan <i>valve forming</i> , pengecekan komponen, dan pencatatan kondisi mesin secara periodik	<p>Kelebihan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apabila terdapat permasalahan pada <i>valve forming</i> dapat langsung diketahui</li> <li>• Tekanan <i>valve forming</i> dapat dijaga sesuai standar yang ditentukan</li> <li>• Apabila terdapat permasalahan pada komponen mesin dapat dideteksi sehingga dapat mencegah terjadinya <i>defect</i></li> </ul> <p>Kekurangan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Membutuhkan waktu lebih untuk melakukan pengecekan dan pencatatan kondisi mesin</li> <li>• Memerlukan ketelitian dan konsistensi operator</li> </ul>	15%

Tabel 5. 14 Perkiraan Penurunan *Defect* Diameter Tidak Standar tiap Kombinasi Usulan Perbaikan (Lanjutan)

Kombinasi Usulan Perbaikan	Usulan Perbaikan	Dampak	Perkiraan Penurunan <i>Defect</i>
1,3	Pengecekan <i>valve forming</i> dan peningkatan kinerja karyawan melalui pelatihan maupun pemberian motivasi	<p>Kelebihan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apabila terdapat permasalahan pada <i>valve forming</i> dapat langsung diketahui</li> <li>• Tekanan <i>valve forming</i> dapat dijaga sesuai standar yang ditentukan</li> <li>• Memotivasi karyawan untuk bekerja dengan optimal</li> <li>• Memacu karyawan agar bekerja sesuai standar perusahaan</li> <li>• Meningkatkan <i>skill</i> karyawan dalam mendeteksi dan menangani permasalahan yang terjadi pada mesin <i>thermoforming</i></li> </ul> <p>Kekurangan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apabila terdapat permasalahan pada komponen lain kurang bisa dideteksi sehingga berpotensi menyebabkan <i>defect</i></li> <li>• Memerlukan biaya untuk insentif</li> </ul>	13%

Tabel 5. 14 Perkiraan Penurunan *Defect* Diameter Tidak Standar tiap Kombinasi Usulan Perbaikan (Lanjutan)

Kombinasi Usulan Perbaikan	Usulan Perbaikan	Dampak	Perkiraan Penurunan <i>Defect</i>
2,3	Pengecekan komponen, pencatatan kondisi mesin secara periodik, dan peningkatan kinerja karyawan melalui pelatihan maupun pemberian motivasi	<p>Kelebihan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apabila terdapat permasalahan pada komponen mesin dapat dideteksi sehingga dapat mencegah terjadinya <i>defect</i></li> <li>• Memotivasi karyawan untuk bekerja dengan optimal</li> <li>• Memacu karyawan agar bekerja sesuai standar perusahaan</li> <li>• Meningkatkan <i>skill</i> karyawan dalam mendeteksi dan menangani permasalahan yang terjadi pada mesin <i>thermoforming</i></li> </ul> <p>Kekurangan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Membutuhkan waktu lebih untuk melakukan pengecekan dan pencatatan kondisi mesin</li> <li>• Memerlukan ketelitian dan konsistensi operator</li> <li>• Memerlukan biaya untuk insentif</li> </ul>	8%



Tabel 5. 14 Perkiraan Penurunan *Defect* Diameter Tidak Standar tiap Kombinasi Usulan Perbaikan (Lanjutan)

Kombinasi Usulan Perbaikan	Usulan Perbaikan	Dampak	Perkiraan Penurunan <i>Defect</i>
1,2,3	Pengecekan <i>valve forming</i> , komponen, pencatatan kondisi mesin secara periodik dan peningkatan kinerja karyawan melalui pelatihan maupun pemberian motivasi	<p>Kelebihan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apabila terdapat permasalahan pada <i>valve forming</i> dapat langsung diketahui</li> <li>• Tekanan <i>valve forming</i> dapat dijaga sesuai standar yang ditentukan</li> <li>• Apabila terdapat permasalahan pada komponen mesin dapat dideteksi sehingga dapat mencegah terjadinya <i>defect</i></li> <li>• Memotivasi karyawan untuk bekerja dengan optimal</li> <li>• Memacu karyawan agar bekerja sesuai standar perusahaan</li> <li>• Meningkatkan <i>skill</i> karyawan dalam mendeteksi dan menangani permasalahan yang terjadi pada mesin <i>thermoforming</i></li> </ul> <p>Kekurangan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Membutuhkan waktu lebih untuk melakukan pengecekan dan pencatatan kondisi mesin</li> <li>• Memerlukan ketelitian dan konsistensi operator</li> <li>• Memerlukan biaya untuk insentif</li> </ul>	20%

b. *Defect* Meleyot

Untuk mengurangi *defect* meleyot diusulkan 3 rekomendasi perbaikan yaitu:

1. Melakukan pengecekan *valve forming* dan melakukan perbaikan maupun penggantian apabila diperlukan.
2. Melakukan pengecekan komponen dan pencatatan kondisi mesin secara periodik.
3. Meningkatkan kinerja karyawan melalui pelatihan maupun pemberian motivasi.

Adapun estimasi setelah diterapkannya usulan perbaikan untuk tiap kombinasi usulan perbaikan ditampilkan pada Tabel 5.15.

Berdasarkan kombinasi usulan perbaikan pada Tabel 5.15, berikut merupakan penjelasan dari estimasi penurunan *defect* meleyot untuk tiap alternatif penerapan rekomendasi perbaikan.

1. Alternatif 1 (Rekomendasi 1)

*Defect* meleyot yang diakibatkan oleh adanya permasalahan pada *valve forming* rata-rata sebesar 5%, sehingga apabila dilakukan rekomendasi perbaikan dengan melakukan pengecekan *valve forming* yang terdiri dari pengecekan *seal*, *air regulator*, *plug*, dan tekanan *compressor* maka dapat menghilangkan *defect* yang disebabkan permasalahan pada *valve forming* sehingga terjadi penurunan *defect* sebesar 5%.

2. Alternatif 2 (Rekomendasi 2)

*Defect* meleyot yang diakibatkan oleh adanya permasalahan pada komponen mesin, tidak dilakukannya pencatatan dan *monitor* kondisi mesin secara periodik rata-rata sebesar 5%, sehingga apabila dilakukan pengecekan komponen mesin *thermoforming* dan dilakukan pencatatan kondisi mesin secara periodik maka dapat menurunkan *defect* sebesar 5%.

3. Alternatif 3 (Rekomendasi 3)

Dengan adanya pelatihan maupun pemberian motivasi diperkirakan dapat menurunkan *defect* sebesar 3%, hal ini dikarenakan pelatihan

akan meningkatkan *skill* karyawan dalam mengatasi permasalahan yang ada pada mesin *thermoforming* dan peningkatan kinerja akibat adanya motivasi berupa insentif.

4. Alternatif 4 (Rekomendasi 1,2)

*Defect* meleyot yang diakibatkan oleh adanya permasalahan pada *valve forming* rata-rata sebesar 5%. Dan *defect* akibat permasalahan pada komponen mesin dan tidak dilakukannya pencatatan serta *monitoring* kondisi mesin secara periodik rata-rata sebesar 5%. Apabila dilakukan rekomendasi perbaikan dengan melakukan pengecekan *valve forming* (pengecekan *seal*, *air regulator*, *plug*, dan tekanan *compressor*), pengecekan komponen dan pencatatan kondisi mesin secara periodik maka dapat menghilangkan *defect* akibat permasalahan *valve forming*, tidak dilakukannya pengecekan komponen mesin dan tidak adanya pencatatan kondisi mesin secara periodik sehingga terjadi penurunan *defect* sebesar 10%.

5. Alternatif 5 (Rekomendasi 1,3)

*Defect* meleyot yang diakibatkan oleh adanya permasalahan pada *valve forming* rata-rata sebesar 5%. Apabila dilakukan rekomendasi perbaikan dengan melakukan pengecekan *valve forming* yang terdiri dari pengecekan *seal*, *air regulator*, *plug*, dan *compressor* maka dapat menghilangkan *defect* yang disebabkan permasalahan pada *valve forming*, dan dengan adanya pelatihan maupun pemberian motivasi akan meningkatkan *skill* dan kinerja karyawan menjadi semakin baik sehingga dapat diperkirakan penurunan *defect* sebesar 3%. Apabila 2 rekomendasi tersebut diterapkan dapat diperkirakan terjadi penurunan *defect* sebesar 8%.

6. Alternatif 6 (Rekomendasi 2,3)

*Defect* meleyot yang diakibatkan oleh adanya permasalahan pada komponen mesin, tidak dilakukannya pencatatan dan *monitoring* kondisi mesin secara periodik rata-rata sebesar 5%, sehingga apabila dilakukan pengecekan komponen dan pencatatan kondisi mesin secara periodik maka dapat menghilangkan *defect* akibat permasalahan

tersebut. Dengan adanya pelatihan maupun pemberian motivasi diperkirakan dapat menurunkan *defect* sebesar 3% sehingga apabila diterapkan 2 rekomendasi tersebut diperkirakan terjadi penurunan *defect* sebesar 8%.

7. Alternatif 7 (Rekomendasi 1,2,3)

*Defect* meleyot yang diakibatkan oleh adanya permasalahan pada *valve forming* rata-rata sebesar 5%. Dan *defect* akibat permasalahan pada komponen mesin dan tidak dilakukannya *monitor* kondisi mesin secara periodik rata-rata sebesar 5%. Apabila dilakukan rekomendasi perbaikan dengan melakukan pengecekan *valve forming*, pengecekan komponen, pencatatan kondisi mesin secara periodik, serta dilakukan pelatihan maupun pemberian motivasi maka dapat menghilangkan permasalahan penyebab *defect* dan meningkatkan kinerja karyawan sehingga diperkirakan terjadi penurunan *defect* sebesar 15%. Penurunan 15% *defect* didapatkan dari hasil hilangnya *defect* yang disebabkan oleh permasalahan *valve forming* sebesar 5% dan hilangnya *defect* yang disebabkan oleh permasalahan komponen mesin dan tidak dilakukannya *monitoring* kondisi mesin secara periodik sebesar 5%. Apabila dilakukan peningkatan kinerja karyawan melalui pelatihan maupun pemberian motivasi saja hanya dapat menurunkan *defect* sebesar 3% sedangkan apabila dikombinasikan dengan 2 rekomendasi lainnya maka dapat menurunkan *defect* sebesar 5% , hal ini dikarenakan 2 rekomendasi lainnya menunjang peningkatan efisiensi mesin *thermoforming* dan kinerja karyawan akan meningkat seiring peningkatan efisiensi mesin *thermoforming*. Sehingga apabila 3 rekomendasi perbaikan tersebut diterapkan akan menurunkan *defect* sebesar 15%.

Berdasarkan analisis yang dilakukan, penyebab adanya *defect* meleyot yaitu adanya permasalahan pada *valve forming* dikarenakan tidak ada pengecekan komponen secara rutin. Dari data jumlah produk *defect* bulan Juli-September 2018, terdapat 1270300 produk *defect* meleyot. Sehingga dapat dihitung rata-rata terdapat 423434 produk *defect* meleyot setiap

bulannya. Dari hasil diskusi dengan manajer produksi, penurunan *defect* terbesar yaitu sebesar 15% didapatkan apabila ketiga usulan perbaikan diterapkan. Perkiraan penurunan jumlah *defect* setelah diterapkannya usulan perbaikan yaitu sebesar 15% sehingga jumlah produk *defect* meleyot turun menjadi 359918 produk setiap bulannya. Penurunan jumlah *defect* tidak terlalu besar karena selain faktor komponen *valve forming* yang bermasalah, terjadinya *defect* meleyot juga banyak dipengaruhi oleh permasalahan pada *valve down keeper* yaitu kurangnya tekanan pada *down keeper* sehingga *down keeper* tidak dapat memegang *sheet* dengan erat saat proses *forming*. Agar lebih optimal sebaiknya rekomendasi untuk mengatasi *defect* meleyot selain dilakukan pengecekan rutin *valve forming*, dilakukan pula pengecekan rutin *valve down keeper* sehingga tekanan *valve down keeper* sesuai dengan standar. Terjadinya *defect* meleyot selain disebabkan karena permasalahan pada komponen mesin juga dipengaruhi oleh keandalan mesin yang menurun karena sudah digunakan dalam waktu lama sehingga sering memerlukan *setting* untuk menyesuaikan parameter proses yang ada seperti tekanan, suhu, dan sebagainya agar tetap sesuai dengan standar yang ditentukan.

Persentase penurunan *defect* terbesar belum tentu menjadi alternatif rekomendasi perbaikan terbaik untuk diterapkan oleh perusahaan. Untuk memilih rekomendasi mana yang paling tepat perlu dipertimbangkan faktor-faktor lain seperti biaya dan sebagainya dan disesuaikan dengan kemampuan perusahaan sehingga didapatkan hasil *saving cost* akibat penurunan *defect* lebih besar daripada biaya yang dikeluarkan untuk penerapan rekomendasi.

Tabel 5. 15 Perkiraan Penurunan *Defect* Meleyot tiap Kombinasi Usulan Perbaikan

Kombinasi Usulan Perbaikan	Usulan Perbaikan	Dampak	Perkiraan Penurunan <i>Defect</i>
1	Pengecekan <i>valve forming</i>	<p>Kelebihan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apabila terdapat permasalahan pada <i>valve forming</i> dapat langsung diketahui</li> <li>• Tekanan <i>valve forming</i> dapat dijaga sesuai standar yang ditentukan</li> </ul> <p>Kekurangan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apabila terdapat permasalahan pada komponen lain kurang bisa dideteksi sehingga berpotensi menyebabkan <i>defect</i></li> </ul>	5%
2	Pengecekan komponen dan pencatatan kondisi mesin secara periodik	<p>Kelebihan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apabila terdapat permasalahan pada komponen mesin dapat dideteksi sehingga dapat mencegah terjadinya <i>defect</i></li> </ul> <p>Kekurangan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kurang berfokus pada komponen kritis penyebab <i>defect</i> yaitu <i>valve forming</i></li> <li>• Memerlukan ketelitian dan konsistensi operator</li> </ul>	5%

Tabel 5. 15 Perkiraan Penurunan *Defect* Meleyot tiap Kombinasi Usulan Perbaikan (Lanjutan)

Kombinasi Usulan Perbaikan	Usulan Perbaikan	Dampak	Perkiraan Penurunan <i>Defect</i>
3	Peningkatan kinerja karyawan melalui pelatihan maupun pemberian motivasi	<p>Kelebihan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Memotivasi karyawan untuk bekerja dengan optimal</li> <li>• Memacu karyawan agar bekerja sesuai standar perusahaan</li> <li>• Meningkatkan <i>skill</i> karyawan dalam mendeteksi dan menangani permasalahan yang terjadi pada mesin <i>thermoforming</i></li> </ul> <p>Kekurangan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Memerlukan biaya untuk insentif</li> </ul>	3%
1,2	Pengecekan <i>valve forming</i> , pengecekan komponen, dan pencatatan kondisi mesin secara periodik	<p>Kelebihan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apabila terdapat permasalahan pada <i>valve forming</i> dapat langsung diketahui</li> <li>• Tekanan <i>valve forming</i> dapat dijaga sesuai standar yang ditentukan</li> <li>• Apabila terdapat permasalahan pada komponen mesin dapat dideteksi sehingga dapat mencegah terjadinya <i>defect</i></li> </ul> <p>Kekurangan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Membutuhkan waktu lebih untuk melakukan pengecekan dan pencatatan kondisi mesin</li> <li>• Memerlukan ketelitian dan konsistensi operator</li> </ul>	10%

Tabel 5. 15 Perkiraan Penurunan *Defect* Meleyot tiap Kombinasi Usulan Perbaikan (Lanjutan)

Kombinasi Usulan Perbaikan	Usulan Perbaikan	Dampak	Perkiraan Penurunan <i>Defect</i>
1,3	Pengecekan <i>valve forming</i> dan peningkatan kinerja karyawan melalui pelatihan maupun pemberian motivasi	<p>Kelebihan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apabila terdapat permasalahan pada <i>valve forming</i> dapat langsung diketahui</li> <li>• Tekanan <i>valve forming</i> dapat dijaga sesuai standar yang ditentukan</li> <li>• Memotivasi karyawan untuk bekerja dengan optimal</li> <li>• Memacu karyawan agar bekerja sesuai standar perusahaan</li> <li>• Meningkatkan <i>skill</i> karyawan dalam mendeteksi dan menangani permasalahan yang terjadi pada mesin <i>thermoforming</i></li> </ul> <p>Kekurangan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apabila terdapat permasalahan pada komponen lain kurang bisa dideteksi sehingga berpotensi menyebabkan <i>defect</i></li> <li>• Memerlukan biaya untuk insentif</li> </ul>	8%



Tabel 5. 15 Perkiraan Penurunan *Defect* Meleyot tiap Kombinasi Usulan Perbaikan (Lanjutan)

Kombinasi Usulan Perbaikan	Usulan Perbaikan	Dampak	Perkiraan Penurunan <i>Defect</i>
2,3	Pengecekan komponen, pencatatan kondisi mesin secara periodik, dan peningkatan kinerja karyawan melalui pelatihan maupun pemberian motivasi	<p>Kelebihan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apabila terdapat permasalahan pada komponen mesin dapat dideteksi sehingga dapat mencegah terjadinya <i>defect</i></li> <li>• Memotivasi karyawan untuk bekerja dengan optimal</li> <li>• Memacu karyawan agar bekerja sesuai standar perusahaan</li> <li>• Meningkatkan <i>skill</i> karyawan dalam mendeteksi dan menangani permasalahan yang terjadi pada mesin <i>thermoforming</i></li> </ul> <p>Kekurangan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Membutuhkan waktu lebih untuk melakukan pengecekan dan pencatatan kondisi mesin</li> <li>• Memerlukan ketelitian dan konsistensi operator</li> <li>• Memerlukan biaya untuk insentif</li> </ul>	8%

Tabel 5. 15 Perkiraan Penurunan *Defect* Meleyot tiap Kombinasi Usulan Perbaikan (Lanjutan)

Kombinasi Usulan Perbaikan	Usulan Perbaikan	Dampak	Perkiraan Penurunan <i>Defect</i>
1,2,3	Pengecekan <i>valve forming</i> , komponen, pencatatan kondisi mesin secara periodik dan peningkatan kinerja karyawan melalui pelatihan maupun pemberian motivasi	<p>Kelebihan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apabila terdapat permasalahan pada <i>valve forming</i> dapat langsung diketahui</li> <li>• Tekanan <i>valve forming</i> dapat dijaga sesuai standar yang ditentukan</li> <li>• Apabila terdapat permasalahan pada komponen mesin dapat dideteksi sehingga dapat mencegah terjadinya <i>defect</i></li> <li>• Memotivasi karyawan untuk bekerja dengan optimal</li> <li>• Memacu karyawan agar bekerja sesuai standar perusahaan</li> <li>• Meningkatkan <i>skill</i> karyawan dalam mendeteksi dan menangani permasalahan yang terjadi pada mesin <i>thermoforming</i></li> </ul> <p>Kekurangan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Membutuhkan waktu lebih untuk melakukan pengecekan dan pencatatan kondisi mesin</li> <li>• Memerlukan ketelitian dan konsistensi operator</li> <li>• Memerlukan biaya untuk insentif</li> </ul>	15%

## **BAB 6**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada bab ini dibahas mengenai kesimpulan dan saran dari penelitian. Adapun kesimpulan penelitian merupakan jawaban dari tujuan penelitian. Sedangkan saran yang diberikan merupakan rekomendasi perbaikan untuk penelitian selanjutnya agar lebih baik.

#### **6.1 Kesimpulan**

Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian Tugas Akhir ini yaitu :

1. Dari hasil *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) didapatkan faktor penyebab *defect* berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi baik untuk *defect* diameter tidak standar maupun melepot yaitu adanya permasalahan pada *valve forming* dan tidak ada pengecekan rutin komponen *valve forming* sehingga kegagalan baru terdeteksi setelah ada kerusakan.
2. Rekomendasi yang diberikan untuk meminimasi *defect* yang ada antara lain, melakukan pengecekan *valve forming* dan melakukan perbaikan maupun penggantian apabila diperlukan, melakukan pengecekan komponen dan pencatatan kondisi mesin secara periodik, dan meningkatkan kinerja karyawan melalui pelatihan maupun pemberian motivasi.

#### **6.2 Saran**

Berikut merupakan saran yang diberikan dari penelitian Tugas Akhir ini:

1. Dokumentasi data yang berhubungan dengan *defect* seperti standarisasi penamaan jenis *defect* dan permasalahan pada produksi sebaiknya dicatat dengan benar sehingga memudahkan analisis dan pembacaan data historis.
2. Sebaiknya PT PPA juga melakukan analisis untuk perbaikan dengan objek produk lain maupun dengan meninjau mesin yang berbeda.

Halaman ini sengaja dikosongkan

## DAFTAR PUSTAKA

- Allen, T. T. (2006) *Introduction to Engineering Statistics and Six Sigma*. Ohio: Springer. doi: 10.1198/tech.2007.s489.
- Arianto, B. and Prima, F. (2013) 'PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK INNER BOX PADA PROSES THERMOFORMING PT . SI MENGGUNAKAN STATISTICAL PROCESS CONTROL'.
- Awaja, F. and Pavel, D. (2005) 'Review Recycling of PET', (July 2018). doi: 10.1016/j.eurpolymj.2005.02.005.
- Barsalou, M. A. (2015) *Root Cause Analysis A Step-By-Step Guide to Using the Right Tool at the Right Time*, Taylor and Francis. Boca Raton: CRC Press. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-097086-8.95025-6>.
- Bina Nusantara. (2010) Landasan Teori Pengendalian Kualitas, tersedia di <http://library.binus.ac.id/eColls/eThesisdok/Bab2/2010-1-00396-MN%20Bab%202.pdf> diakses tanggal 11 Mei 2018
- Boser, L. M. (2003) *Thermoforming Manual and Troubleshooting Guide*. Warsaw: Spartech.
- Carroll, C. T. (2013) *Six Sigma for Powerful Improvement*. Florida: CRC Press.
- Dessler, G. (2014) *Fundamentals of Human Resource Management*. Edinburgh: Pearson. doi: 0470169680.
- Dhillon, B. S. (2005) *Reliability, Quality and Safety for Engineers, Library*. Boca Raton: CRC Press.
- Engelmann, S. (2012) *Advanced Thermoforming Methods, Machines and Materials, Applications and Automation, Journal of Chemical Information and Modeling*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- Garvin, D. A. (1987). "Competing in the Eight Dimensions of Quality," *Harvard Business Review*, Sept.–Oct., 87(6), pp. 101–109.
- Jalham, I. S. (2005) 'Process Control and Quality Improvement of Plug - assist Thermoforming Process : a Case Study', 16(1), pp. 17–33.
- Jamil, M. S. *et al.* (2018) 'IMPROVING THERMOFORM PRODUCTIVITY : CASE OF DESIGN-OF-EXPERIMENT', XV(I), pp. 87–106.

- Klein, P. W. (2009) *Fundamentals of Plastics Thermoforming*, Journal of Experimental Psychology: General. Morgan & Claypool Publishers.
- Kuphaldt, T. R. (2015) *Lessons In Industrial Instrumentation*. Wickford: Samurai Media Limited.
- Li, H. *et al.* (2016) ‘Assessing risk in chinese shale gas investments abroad: Modelling and policy recommendations’, *Sustainability (Switzerland)*, 8(8). doi: 10.3390/su8080708.
- Mandahawi, N. and Obeidat, S. M. (2012) ‘Six Sigma implementation to minimise weight variation for Baby Lido Diaper manufacturing company’, *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, 7(2/3/4), p. 243. doi: 10.1504/IJSSCA.2012.053472.
- Mandal, S. and Dey, A. (2019) ‘Recycling of Polyethylene Terephthalate Bottles’, in. Maharashtra: Elsevier Inc. doi: 10.1016/B978-0-12-811361-5.00001-8.
- McCoy, T. J. (1992) *Compensation and Motivation Maximizing Employee Performance with Behavior-Based Incentive Plans*. New York: Amacom.
- Mitra, A. (2016) *Fundamentals of Quality Control and Improvement*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. doi: 10.1080/07408179808966577.
- Montgomery, D. (2009) *Introduction to statistical quality control*, John Wiley & Sons Inc. doi: 10.1002/1521-3773(20010316)40:6<9823::AID-ANIE9823>3.3.CO;2-C.
- Muralisrinivasan, N. S. (2010) *Update on troubleshooting in thermoforming*. Shropshire: Smithers. doi: 10.1186/1471-2105-13-S13-S5.
- Oakland, J. S. (2003) *Statistical Process Control*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- PETRA (2018) ‘An Introduction to PET’.
- Selke, S. E. . and Culter, J. D. (2016) *Plastics Packaging Properties, Processing, Applications, and Regulations*. Cincinnati: Hanser Publisher.
- Stamatis, D. H. (2014) *The ASQ Pocket Guide to Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*. Wisconsin: ASQ Quality Press.
- Stanley, R. (2003) *Thermoforming : Improving Process Performance*. Michigan: Society Manufacturing Engineers.
- Thomsett, M. C. (2005) *Getting Started in Six Sigma*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

- Throne, J. (2017) 'Applied Plastics Engineering', in. Elsevier Inc., pp. 345–375.  
doi: 10.1016/B978-0-323-39040-8/00016-X.
- Throne, J. L. (2008) 'Understanding Thermoforming', *Understanding Thermoforming*, pp. I–XIII. doi: 10.3139/9783446418554.fm.
- Wignjosoebroto, S. (2006). 'Ergonomi Studi Gerak dan Waktu: Teknik Analisis untuk Peningkatan Produktivitas Kerja' Surabaya: Guna Widya
- Wijayanti, A. M. and Muis, R. (2014) 'Analisis Peningkatan Kualitas menggunakan Metode DMAIC di PT. JLP Plastik'.

Halaman ini sengaja dikosongkan



## BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama Nur Annisa Kusuma Dewi lahir di Pekalongan pada tanggal 25 April 1998. Pendidikan formal yang telah ditempuh penulis yaitu SD Negeri 5 Kajen, SMP Negeri 1 Kajen, dan SMA Negeri 1 Pekalongan, hingga jenjang sarjana di Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif pada berbagai organisasi diantaranya staf FORKASTRA HMTI ITS 2016/2017, Staf divisi kesejahteraan anak Swayanaka Surabaya, Kabirol Kajian Departemen Keprofesian, Kajian, dan Keilmiah HMTI ITS 2017/2018, Staf divisi *event and program Young on Top* Surabaya, dan Staf Departemen Sosial Teknologi Paguyuban Karya Salemba Empat ITS. Penulis juga pernah mengikuti lomba *Danone Industrial Design Competition* 2018 yang diselenggarakan oleh Danone Aqua. Dalam pengaplikasian keilmuan Teknik Industri, penulis melakukan kerja praktik di PT Pupuk Kalimantan Timur, Bontang, Kalimantan Timur pada bulan Juli-Agustus 2018. Untuk informasi lebih lanjut dapat menghubungi penulis melalui email [annisakude@gmail.com](mailto:annisakude@gmail.com)